

**Luanna Alves Miranda
Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Wanderson Benerval de Lucena
Carlos Roberto Silva de Oliveira
Organizadores**



Wissen
2025 EDITORA



PESQUISAS AGRONÔMICAS: ASPECTOS GERAIS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS

VOLUME 2



Luanna Alves Miranda
Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Wanderson Benerval de Lucena
Carlos Roberto Silva de Oliveira
Organizadores



 Wissen
2025



PESQUISAS AGRONÔMICAS: ASPECTOS GERAIS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS

VOLUME 2



Luanna Alves Miranda
Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Wanderson Benerval de Lucena
Carlos Roberto Silva de Oliveira
Organizadores

Pesquisas Agronômicas: aspectos gerais e avanços tecnológicos

Volume 2



©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. Antônia Alikeane 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 (UFPI0)
 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 Antônia 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)

Pesquisas Agronômicas: aspectos gerais e avanços tecnológicos | Miranda *et al.*

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

Pesquisas Agronômicas: aspectos gerais e avanços tecnológicos

Volume 2



<http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

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

Pesquisas agronômicas [livro eletrônico]: aspectos gerais e avanços tecnológicos: volume 2 / organização Luanna Alves Miranda ... [et al.]. -- 2. ed. -- Teresina, PI: Wissen Editora, 2025. PDF

ISBN 978-65-85923-65-1

DOI: 10.52832/wed.169

1. Agronomia 2. Agricultura 3. Agricultura e tecnologias relacionadas I. Miranda, Luanna Alves.

25-291057.1

CDD-637.181

Índices para catálogo sistemático:

1. Agricultura: Tecnologia agrícola 637.181

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: MIRANDA, L. A.; VILA VERDE, D. dos S.; COSTALONGA, S.; OLIVEIRA, N. C. R. de; LUCENA, W. B. de; OLIVEIRA, C. R. S de. **Pesquisas Agronômicas: aspectos gerais e avanços tecnológicos.** v. 2, Teresina-PI: Wissen Editora, 2025. 188 p. DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>



Teresina-PI, 2025

SOBRE OS ORGANIZADORES

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.

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.

Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira



Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais do Maranhão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (GEPAM/IFMA). Especialista em Ensino de Ciências pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Especialista em Ensino de Genética pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Estagiária bolsista-CNPq na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte/Teresina, PI, adquirindo experiências na área de Ciência do Solo (coleta, manejo, propriedades químicas, biológicas e fauna edáfica). Bolsista CAPES/UFPI (2019/2021) adquirindo experiências em Meio Ambiente, Ensino, Educação Ambiental e Mudanças Climáticas. Docente na Educação Básica e Ensino Superior, nas instituições: Escola Municipal Nossa Senhora da Conceição (EMNSC), Ensino Fundamental-Ciências (2015); Professora substituta EBTT de Biologia no IFMA/*Campus Wissen Editora*, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

Alcântara (2015-2017); Professora Substituta EBTB no IFPI/ *Campus* São João do Piauí (2021-2023). Editora-chefe das revistas científicas (Journal of Education, Science and *Health* –JESH, Revista Ensinar -RENSIN) e da *Wissen* Editora.

Wanderson Benerval de Lucena



Pós-doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias Agronomia, Instituto Federal Goiano (Campus Rio Verde), desenvolvendo o plano de trabalho Meta-análise do carbono orgânico do solo no Cerrado: impactos do manejo e uso do solo. Doutor e Mestre em Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Atualmente é Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrônoma da UNIMT (Faculdades Integradas Água Boa/MT) e Professor orientador de TCC no programa de pós-graduação SolloAgro (ESALQ/USP) na área de Solos e Nutrição de Plantas. Possui pós-graduações (Lato Sensu) em Ciência de Dados, Educação do Campo e Engenharia de Segurança do Trabalho (ênfase no trabalho rural, trabalho a céu aberto e gestão da segurança do trabalho), além de graduado em Licenciatura em Matemática. Possui sólida atuação em pesquisa com foco em dinâmica de gases no solo, respiração do solo, matéria orgânica, modelagem estatística (Bioestatística, medidas repetidas no tempo, PCA, análise multivariada, machine learning) e relações solo-planta-atmosfera, especialmente em sistemas tropicais. Participou de iniciativas de pesquisa associadas ao grupo RCGI/USP, com projetos voltados a soluções baseadas na natureza (SBN) para mitigação das mudanças climáticas. Experiência docente consolidada no ensino superior, incluindo participação no Programa de Aperfeiçoamento e Apoio à Docência no Ensino Superior (PAADES - Unesp), lecionando disciplinas como Estatística, Informática e Experimentação Agrícola. Atuou também em disciplinas no curso superior de Bacharelado em Agronomia, como, Matemática Aplicada à Agricultura, Química Aplicada à Agricultura e Engenharia Agrônoma e Ética, Fundamentos e Propriedades do Solo, Física Aplicada à Agricultura e Informática Aplicada à Agricultura. Autor de diversos artigos em periódicos nacionais e internacionais, com destaque para temas como emissões de CO₂ e influxo de O₂ do solo, uso de técnicas de machine learning para predição de fluxos gasosos e indicadores de qualidade do solo. É revisor de periódicos científicos como *Coffee Science*, *Modeling Earth Systems and Environment* e *Scientific Reports*. Recebeu distinções acadêmicas como Menção Honrosa no 52 CONBEA (2023) e Láurea Acadêmica em Agronomia pelo IFPE (2019). Atuou em diversos projetos de pesquisa desde a graduação, passando por estudos com agroecossistemas, qualidade do solo e adubação verde, até modelagens complexas em ecossistemas manejados e florestais no doutorado. Possui experiência internacional através de intercâmbio acadêmico no Canadá (2012 - 2013) - Programa Ganhe o Mundo da Secretária de Educação de Pernambuco (SEE/PE).

Carlos Roberto Silva de Oliveira



Doutor em Agronomia - Melhoramento genético de plantas (2024) na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com período sanduíche (2023) na Unidade de Pesquisa em Ecofisiologia e Genômica Funcional da Videira (EGFV) do Instituto Nacional de Pesquisa em Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente (INRAE), em Bordeaux na França. Durante o sanduíche realizou a caracterização fenotípica de novos recursos genéticos de porta-enxertos de videira para tolerância ao estresse

hídrico. Ao retornar, finalizou a pesquisa sobre a influência de diferentes porta-enxertos em novas variedades de uvas apirênicas no Submédio do Vale do São Francisco. Mestre em Agronomia - Produção Vegetal (2020) na linha de pesquisa em Melhoramento Genético, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Durante o mestrado realizou a caracterização fenotípica e seleção precoce de genótipos de mandioca para tolerância ao estresse hídrico. É pós-graduado em Docência na Educação Profissional Técnica de Nível Médio pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES - Campus Colatina) (2021) e em Pós-Colheita de Produtos Hortifrutícolas pelo Instituto Federal Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) (2023). Engenheiro Agrônomo pela UNIVASF (2017) com período sanduíche (2013-2015) no Institute of Technology Tralee (ITTralee - Irlanda), onde cursou disciplinas na área de Agricultura Sustentável. Atua como professor em cursos técnicos na área de Ciências Agrárias (Agroecologia, Zootecnia e Agropecuária) no Centro Técnico de Educação Profissional (CETEP) no Estado da Bahia (2017-atual). Possui experiência em Avaliação e Caracterização de genótipos de feijão, milho, mandioca e videira. Atualmente estuda porta-enxertos de videira com foco na tolerância ao estresse hídrico (mudanças climáticas) (2023-atual).

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	18
CAPÍTULO 1	21
AVALIAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO DA CACHAÇA EM UM ALAMBIQUE NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA DO PIAUÍ	21
Gilnair Nunes Monteiro   	21
Miguel Arcanjo Moreira Filho   	21
Elvania Maria da Silva Costa Moreira   	21
Everaldo Moreira da Silva   	21
Francimeire Nunes Monteiro   	21
Gilnair Nunes Monteiro   	21
Laécio Santos de Carvalho   	21
DOI: 10.52832/wed.170.986 	21
CAPÍTULO 2	31
SECAGEM E MICROENCAPSULAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA A UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS	31
Bárbara Teixeira Gomes   	31
DOI: 10.52832/wed.170.987 	31
CAPÍTULO 3	41
AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO EM REGIÃO SEMIÁRIDA SERGIPANA PARA FINS DE MELHORAMENTO	41
Barbara Nascimento Santos   	41
Nartênia Susane Costa Aragão   	41
Jacilene Francisca Souza Santos   	41
João Vitor   	41
Carla Nayara   	41
Mikaely Rosendo dos Santos   	41
Mario Sergio   	41
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   	41
José Jairo Florentino Cordeiro Junior   	41
Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   	41
DOI: 10.52832/wed.170.988 	41
CAPÍTULO 4	50

CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS NA CULTURA DO MILHO E SUA APLICAÇÃO NO MELHORAMENTO.....	50
Jacilene Francisca Souza Santos   	50
Carla Nayara da Silva Lima   	50
Barbara Nascimento Santos   	50
Nartênia Susane Costa Aragão   	50
Mario Sergio Rodrigues Barreto   	50
Mikaely Rosendo dos Santos   	50
João Vitor de Santana Aragão   	50
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   	50
José Jairo Florentino Cordeiro Junior   	50
Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   	50
DOI: 10.52832/wed.170.989 	50
CAPÍTULO 5.....	59
INTEGRAÇÃO DE PCA E MGIDI NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO COM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS SUPERIORES EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO	59
Carla Nayara da Silva Lima   	59
Jacilene Francisca Souza Santos   	59
João Vitor de Santana Aragão   	59
Nartênia Susane Costa Aragão   	59
Barbara Nascimento Santos   	59
Mario Sergio Rodrigues Barreto   	59
Mikaely Rosendo dos Santos   	59
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   	59
José Jairo Florentino Cordeiro Junior   	59
Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   	59
DOI: 10.52832/wed.170.990 	59
CAPÍTULO 6.....	67
IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE RESISTENTES A <i>Mahanarva spectabilis</i> (DISTANT, 1909), (HEMIPTERA: CERCOPIDAE): PRIMEIRO CICLO DE SELEÇÃO RECORRENTE	67
Victor Felipe S. Costa Neves   	67
Michelle Campagnani   	67

Everton Augusto Francisco Rosa   	67
Thales Freires Mendonça   	67
Juarez Campolina Machado   	67
Alexander Machado Auad   	67
DOI: 10.52832/wed.170.991 	67
CAPÍTULO 7	75
SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO POR MEIO DO ÍNDICE FAI-BLUP PARA REGIÃO SEMIÁRIDA	75
Nartênia Susane Costa Aragão   	75
Barbara Nascimento Santos   	75
Carla Nayara da Silva Lima   	75
Jacilene Francisca Souza Santos   	75
João Vitor Santana Aragão   	75
Mikaely Rosendo dos Santos   	75
Mario Sergio Rodrigues Barreto   	75
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   	75
José Jairo Florentino Cordeiro Júnior   	75
Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   	75
DOI: 10.52832/wed.170.992 	75
CAPÍTULO 8	84
USO DE COMPONENTES PRINCIPAIS NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE MILHO NO SEMIÁRIDO DE SERGIPE	84
João Vitor Santana Aragão   	84
Barbara Nascimento Santos   	84
Carla Nayara da Silva Lima   	84
Nartênia Susane Costa Aragão   	84
Jacilene Francisca Souza Santos   	84
Mario Sergio Rodrigues Barreto   	84
Mikaely Rosendo dos Santos   	84
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   	84
José Jairo Florentino Cordeiro Junior   	84
Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   	84
DOI: 10.52832/wed.170.993 	84

CAPÍTULO 9.....	92
AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO RGB NA QUANTIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS CULTIVADAS COM BRS CAPIAÇU (<i>Pennisetum purpureum</i>, Schumach) SOB DIFERENTES FORMAS DE ADUBAÇÃO	
Richardson Soares de Souza Melo   	92
Wesley Pereira Ribeiro da Silva   	92
Kelly Eduarda Souza Ferreira   	92
Tardelli Rocha Ferreira   	92
Ana Carolina de Assis Dantas   	92
Daniel Barbosa de Santana   	92
Antonio Coelho de Souza Neto   	92
Álvaro Ryan da Silva Soares   	92
Tiago Tavares Devesa   	92
DOI: 10.52832/wed.170.994 	92
CAPÍTULO 10	103
AVALIAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO SOB DIFERENTES PASTAGENS COM E SEM ADUBAÇÃO MINERAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO	
Richardson Soares de Souza Melo   	103
Wesley Pereira Ribeiro da Silva   	103
Kelly Eduarda Souza Ferreira   	103
Tardelli Rocha Ferreira   	103
Ana Carolina de Assis Dantas   	103
Daniel Barbosa de Santana   	103
Antonio Coelho de Souza Neto   	103
Álvaro Ryan da Silva Soares   	103
DOI: 10.52832/wed.170.995 	103
CAPÍTULO 11.....	110
PLANILHA COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA PARA GESTÃO DE CUSTOS NA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA.....	
Mayara Rodrigues Uchôa   	110
Leonardo de Almeida Monteiro   	110
DOI: 10.52832/wed.170.996 	110
CAPÍTULO 12	122

VIABILIDADE DE SENSORES METEOROLÓGICOS DE BAIXO CUSTO NA AGRICULTURA	122
Mayara Rodrigues Uchôa   	122
Yasmin Silva de Medeiros   	122
Lucas Cardoso Cabral   	122
Leonardo de Almeida Monteiro   	122
DOI: 10.52832/wed.170.997 	122
CAPÍTULO 13	132
LEVANTAMENTO FLORÍSTICO DE FRUTÍFERAS NATIVAS NO CERRADO SUL MARANHENSE	132
Luis Eduardo da Silva   	132
Vanessa Pereira Martins   	132
Daniela Pires dos Santos Silva   	132
Roberto Barros Aguiar   	132
Vitoria Aparecida dos Santos Lima   	132
Mauricio Eduardo Chaves e Silva   	132
Livia Kellen Ferreira da Costa Santos   	132
Joel da Silva Sa Neto   	132
Laysa Regina Leite Alves   	132
Ana Carolina de Assis Dantas   	132
DOI: 10.52832/wed.170.998 	132
CAPÍTULO 14	141
EPIZOOTIA E PERSISTÊNCIA DE <i>Metarhizium anisopliae</i> E <i>Fusarium multiceps</i> UM ANO APÓS A PULVERIZAÇÃO CONTRA <i>Mahanarva spectabilis</i> (HEMIPTERA:CERCOPIDAE).....	141
Michelle Campagnani   	141
Luís Augusto Calsavara   	141
Bruno Antônio Verissimo   	141
Everton Augusto Francisco Rosa   	141
Victor Felipe S. Costa Neves   	141
Alexander Machado Auad   	141
DOI: 10.52832/wed.170.999 	141
CAPÍTULO 15	149

PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE CIGARRINHAS-DAS-PASTAGENS EM RESPOSTA ÀS ESPÉCIES DE FORRAGEIRAS OFERTADAS	149
Everton Augusto Francisco Rosa   	149
Michelle Campagnani   	149
Victor Felipe S. Costa Neves   	149
Alexander Machado Auad   	149
DOI: 10.52832/wed.170.1000 	149
CAPÍTULO 16	156
AÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS INOCULADOS VIA SEMENTES EM PLANTAS DE BRAQUIRIA.....	156
Michelle Campagnani   	156
Luís Augusto Calsavara   	156
Bruno Antônio Verissimo   	156
Everton Augusto Francisco Rosa   	156
Victor Felipe S. Costa Neves   	156
Alexander Machado Auad   	156
DOI: 10.52832/wed.170.1001 	156
CAPÍTULO 17	172
AÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS INOCULADOS POR DIFERENTES VIAS EM PLANTAS	172
Michelle Campagnani   	172
Luís Augusto Calsavara   	172
Bruno Antônio Verissimo   	172
Everton Augusto Francisco Rosa   	172
Victor Felipe S. Costa Neves   	172
Alexander Machado Auad   	172
DOI: 10.52832/wed.170.1002 	172

APRESENTAÇÃO

O Ebook "Pesquisas Agronômicas: Aspectos Gerais e Avanços Tecnológicos - Volume 2" reúne uma seleção de estudos inovadores e aprofundados sobre a agronomia, com o objetivo de aprimorar o conhecimento científico e técnico no setor agrícola. Este volume é um importante marco na busca por soluções mais eficientes, sustentáveis e tecnológicas para as práticas agrícolas no Brasil, com ênfase em áreas como o manejo de cultivos, controle de pragas, melhoramento genético e o uso de novas tecnologias.

Os capítulos deste ebook abrangem uma diversidade de temas, desde a avaliação de cultivares de milho adaptados ao semiárido até o uso de fungos entomopatogênicos para o controle biológico de pragas. Esses estudos são um reflexo do compromisso dos autores em promover uma agricultura que combine eficiência produtiva e respeito ao meio ambiente.

No Capítulo 1, é analisada a produção de cachaça no município de Palmeira do Piauí, com foco na avaliação das boas práticas de fabricação e conformidade com normas de segurança alimentar. O estudo oferece uma visão abrangente sobre as práticas produtivas e propõe melhorias para garantir a qualidade e sustentabilidade da cachaça artesanal.

O Capítulo 2 investiga alternativas para a utilização de subprodutos de frutas, explorando os métodos de secagem e microencapsulação. A pesquisa busca agregar valor a resíduos agroindustriais, como cascas e sementes, preservando compostos bioativos e gerando novas possibilidades para a indústria alimentícia e farmacêutica.

No Capítulo 3, são avaliadas cultivares de milho adaptadas ao clima semiárido de Sergipe, visando identificar as variedades mais promissoras para esse tipo de região. A pesquisa contribui com informações valiosas para o melhoramento genético da cultura e a adaptação a condições climáticas adversas.

O Capítulo 4 aprofunda a análise das características agronômicas do milho, como produtividade, resistência a doenças e adaptabilidade, explorando como essas variáveis podem ser usadas para desenvolver cultivares mais eficientes e com maior potencial de produtividade.

No Capítulo 5, é apresentada a combinação das técnicas de Análise de Componentes Principais (PCA) e o Índice de Desempenho Genético Melhorado (MGIDI) na seleção de genótipos de milho adaptados ao semiárido. Essas metodologias visam otimizar a escolha de genótipos superiores para melhorar o desempenho da cultura nas condições climáticas da região.

O Capítulo 6 investiga a resistência do capim-elefante à cigarrinha-das-pastagens (*Mahanarva spectabilis*), propondo um ciclo de seleção recorrente para identificar genótipos mais resistentes a essa praga, o que pode resultar em pastagens mais produtivas e sustentáveis.

O Capítulo 7 explora o uso do Índice FAI-BLUP na seleção de cultivares de milho para o semiárido, uma ferramenta importante para identificar as melhores variedades adaptadas às condições climáticas e de solo da região.

No Capítulo 8, é realizada a seleção de genótipos superiores de milho usando a análise de componentes principais (PCA), com foco no desempenho agrônômico e na adaptação às condições climáticas de Sergipe, otimizando a produção e a produtividade da cultura.

O Capítulo 9 utiliza índices de vegetação RGB para quantificar a cobertura vegetal em áreas cultivadas com BRS Capiacu, uma técnica moderna que permite uma análise mais precisa e eficiente da saúde das pastagens, levando em consideração diferentes formas de adubação.

No Capítulo 10, o uso de geoprocessamento para avaliar a cobertura do solo em áreas de pastagem, com e sem adubação mineral, é destacado. A pesquisa contribui para a compreensão do impacto da adubação na qualidade do solo e no desempenho das pastagens.

O Capítulo 11 propõe a utilização de planilhas como ferramenta estratégica para a gestão de custos na mecanização agrícola, permitindo aos produtores otimizar os investimentos em equipamentos e melhorar a eficiência das operações no campo.

No Capítulo 12, são analisados sensores meteorológicos de baixo custo para monitoramento climático na agricultura, explorando como essas tecnologias podem ser acessíveis e eficazes para melhorar a tomada de decisões agrícolas e aumentar a produtividade.

O Capítulo 13 apresenta um levantamento florístico de frutíferas nativas no Cerrado Sul-Maranhense, focando nas espécies locais e suas potencialidades para a agricultura e preservação da biodiversidade, promovendo uma gestão sustentável das áreas agrícolas.

O Capítulo 14 investiga a persistência e a eficácia de fungos entomopatogênicos no controle da cigarrinha-das-pastagens, com ênfase no controle biológico a longo prazo. A pesquisa oferece uma abordagem sustentável para a gestão de pragas que afetam as pastagens.

O Capítulo 15 analisa as preferências alimentares da cigarrinha-das-pastagens em relação às diferentes espécies de forrageiras, contribuindo para o manejo integrado das pastagens e o controle das infestações por pragas.

O Capítulo 16 e o Capítulo 17 exploram o uso de fungos entomopatogênicos inoculados via sementes e por diferentes vias em plantas de *Brachiaria*, avaliando a eficácia no controle de pragas e a promoção de plantas mais saudáveis.

Este Ebook é um repositório de contribuições valiosas que oferecem soluções práticas e científicas para os desafios da agricultura moderna. Ele reflete o avanço contínuo da pesquisa agrônômica no Brasil e a busca incessante por inovações que possibilitem uma produção agrícola mais eficiente, sustentável e adaptada aos diferentes ecossistemas do país.

Agradecemos a todos os autores que contribuíram com seus estudos, que certamente ajudarão a moldar o futuro da agricultura brasileira. Boa leitura!

Luanna Alves Miranda

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO DA CACHAÇA EM UM ALAMBIQUE NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA DO PIAUÍ

Gilnair Nunes Monteiro   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Miguel Arcanjo Moreira Filho   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Elvania Maria da Silva Costa Moreira   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Everaldo Moreira da Silva   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Francimeire Nunes Monteiro   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Gilmair Nunes Monteiro   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

Laécio Santos de Carvalho   

Universidade Federal do Piauí-UFPI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.986 

Resumo: Objetivou-se avaliar as práticas de produção adotadas na fabricação da cachaça em um alambique localizado no município de Palmeira do Piauí-PI, a partir dos quesitos das Boas Práticas de Fabricação (BPF), de maneira a verificar se as condutas adotadas no alambique se enquadram dentro das normas das BPF. O método adotado para avaliação foi o estudo de caso por meio de entrevista semiestruturada e observação sistemática, visando descrever e compreender como são executadas as atividades de produção durante o processamento da cachaça artesanal. Observou-se que, no alambique em estudo, dos oito quesitos analisados quando comparado às normas que regem as BPF, apenas três apresentaram média superior a 7,0, são eles: Controle de Qualidade, Matérias Primas e Manutenção. Foram observadas médias intermediárias, com valores 5,7 e 6,1 para os quesitos Água e Efluentes e Controle de Pragas e Lixo Gerado, respectivamente. Para os quesitos Organização e Limpeza, Higiene Pessoal e Edificações e Instalações foram obtidas médias abaixo de 5,0, contudo, a média global para o engenho é 6,17, sendo considerada “RUIM”. Assim, ficam claras a importância e a necessidade da adoção das BPF para o aumento da qualidade da cachaça fabricada no engenho da cidade de Palmeira do Piauí.

Palavras-chave: Avaliação de conformidade. Cachaça Artesanal. Qualidade.

1 INTRODUÇÃO

Entre os séculos XVI e XVII, nasce a primeira bebida alcoólica no Brasil, descoberta por escravos africanos em pequenos engenhos, ainda no período colonial. Naquela época, a sociedade tinha uma grande rejeição ao se tratar da cachaça, uma vez que a bebida geralmente era associada aos escravos e alguns homens brancos desprovidos de recursos financeiros. Mais tarde, passou a ser considerada a bebida preferida dos brasileiros, quando se tornou o principal produto exportado, incentivado pela atividade açucareira do país, que ocupava o primeiro lugar na exportação (Sebrae, 2019).

Atualmente, a cachaça artesanal ocupa lugar sofisticado nos cardápios de restaurantes e estabelecimentos, devido aos sabores e aromas marcantes e específicos de cada produto, o qual muitas vezes reflete à alguma região do País, sendo grande a procura pela bebida, principalmente por aqueles apreciadores de maior poder aquisitivo. Este fato permite ao pequeno produtor competir com as grandes indústrias de destilados (Lima, 2023).

Somando a essas vertentes sociais, econômicas e históricas, a produção de cachaça está relacionada às questões higiênico-sanitária, pois nos últimos anos tem aumentado a preocupação da população com os alimentos e bebidas no que se refere a sanitização, bem como uma maior atividade de fiscalização por órgãos de controle sanitário. Em muitos alambiques, se levado em consideração como a cachaça é produzida, ainda é insuficiente nos itens assepsia, devido principalmente à falta de higiene e controle durante as etapas do processamento, resultando, na maioria das vezes, em uma bebida que traz riscos à saúde dos consumidores (Jannuzi, 2016).

Diante disto, objetivou-se avaliar as práticas de produção adotadas na fabricação da cachaça em um alambique no município de Palmeira do Piauí, a partir dos quesitos das BPF, tais como:

Edificações/Instalações; Organização/Limpeza; Controle de Pragas/Resíduos; Água/Efluentes; Matérias-primas; Manutenção; Higiene Pessoal e Controle de Qualidade, de maneira a verificar se a execução das atividades no alambique se enquadram dentro das normas das BPF.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Procedimentos de coleta de dados

A cadeia produtiva da cachaça de alambique em um engenho localizado em Palmeira do Piauí-PI, foi o objeto deste estudo, avaliada através de entrevista semiestruturada e observação sistemática, visando descrever e compreender como as práticas de produção são adotadas durante o processamento da cachaça artesanal, a partir dos quesitos das Boas Práticas de Fabricação (BPF). A entrevista semiestruturada permitiu que o entrevistador abordasse o tema com total liberdade para fazer ajustes à medida que fosse necessário, pois as questões que formaram a entrevista serviram para conduzi-la, sempre associando perguntas objetivas e subjetivas. Desta forma a dinâmica entre o entrevistador e o entrevistado, fluíram de maneira a se transformar em um diálogo, abrindo, ainda mais, os campos de interrogações e permitindo que o informante também participasse da construção dos dados da pesquisa (Minayo, 2009).

Na observação sistemática, houve a necessidade de se basear por um roteiro de observação construído previamente, servindo para nortear o pesquisador, em que a situação observada se tornasse mais fácil e demandasse menos tempo, devido ao conhecimento adquirido durante a elaboração do roteiro (Gil, 2010).

As coletas dos dados iniciaram-se pelo método de observação *in loco*, onde foram realizadas três visitas ao alambique, dessa forma foi possível descrever o funcionamento do processo produtivo, bem como as práticas adotadas na fabricação da cachaça, verificando se estão de acordo com as normas das BPF. Posteriormente, foram analisados e interpretados os dados coletados na entrevista, buscando sempre relacionar as respostas do produtor com a revisão de literatura, visando alcançar os objetivos da pesquisa.

2.2 Análise de dados

Durante a realização da análise dos dados, foi preenchida uma lista de verificação, composta por 136 questões adaptadas ao método adotado por Meneghin *et al.* (2017), tratando dos quesitos das BPF da Cachaça, tais como: Edificações/Instalações; Organização/Limpeza; Controle de Pragas/Resíduos; Água/Efluentes; Matérias-primas; Manutenção; Higiene Pessoal e Controle de Qualidade, possibilitando analisar todo o levantamento das informações, para verificar se, as práticas adotadas no alambique se enquadravam nas BPF. Para mensurar a importância dos dados

coletados, foi adotado o modelo desenvolvido por Saurin e Ferreira (2008) que criaram cinco critérios de avaliação atribuídos a cada item da lista de verificação, sendo também determinado um peso para cada possibilidade de resposta, como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios de avaliação e ponderação para análise das Boas Práticas de Fabricação (BPF).

Sigla	NA	NE	MRF	FR	FO	MFO
Critério	Não se aplica	Não existe	Aplicação muito fraca	Aplicação fraca	Aplicação forte	Aplicação muito forte
Peso	-	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0

Fonte: Saurin e Ferreira (2008).

Os critérios Não se aplica - NA (foi desprezado na avaliação), Não existe – NE (corresponde a aspectos não aplicados, mas seria possível a aplicação), Aplicação muito fraca – MFR e Aplicação fraca - FR (corresponde a aspectos aplicados, mas não estão de acordo com as normas das BPF), Aplicação forte - FO e Aplicação muito forte – MFO (corresponde a aspectos aplicados, e que estão de acordo com as normas das BPF), onde cada um recebeu um peso específico, variando de 0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 respectivamente. Dessa forma foi possível calcular o valor da nota final de cada quesito, utilizando a equação 1, também proposta por Saurin e Ferreira (2008).

$$\text{Nota} = \frac{(\mathbf{B} * \mathbf{2,5}) + (\mathbf{C} * \mathbf{5,0}) + (\mathbf{D} * \mathbf{7,5}) + (\mathbf{E} * \mathbf{10,0})}{\mathbf{A}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

A = número de itens aplicáveis;

B = número de itens com aplicação muito fraca;

C = número de itens com aplicação fraca;

D = número de itens com aplicação forte;

E = número de itens com aplicação muito forte.

A lista de verificação foi preenchida, de acordo com as respostas do produtor e as observações realizadas no alambique, e cada quesito foi analisado desde a obtenção da matéria-prima até o processamento final, sendo determinada a pontuação referente a todo processamento da cachaça. Em seguida esses dados foram plotados em gráfico para análise e discussão. O método adotado para interpretação e análise dos dados é de natureza quantitativa e qualitativa, pois esse tipo de abordagem possui vantagens significativas para pesquisas realizadas na forma de um estudo

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

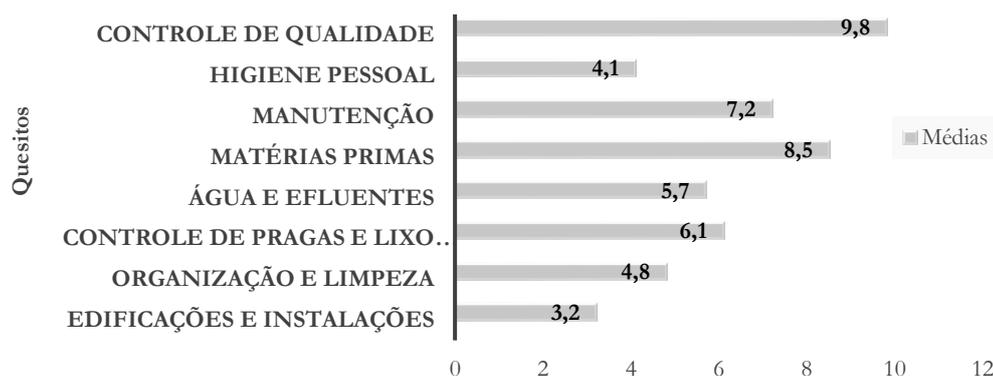
de caso, facilitando assim, a avaliação e interação dos resultados, tendo como base a fundamentação teórica. Os dados quantitativos foram realizados utilizando abordagem descritiva a partir da equação com as pontuações e pesos, referente a cada quesito das BPF, de acordo com os critérios do modelo proposto por Saurin e Ferreira (2008).

Quanto aos dados qualitativos, esses foram realizados a partir da análise de conteúdo, que de acordo com Cirino *et al.* (2013), utiliza-se um conjunto de estratégias técnicas para o planejamento da pesquisa, tais como: a) Pesquisa bibliográfica - buscando dados em literaturas, por meio do estudo aprofundado, em artigos, livros, periódicos, anais, dentre outras fontes, podendo dessa forma determinar e organizar o que será analisado, colhendo informações pertinentes ao tema da pesquisa, predeterminando as observações que seriam realizadas no alambique; b) Estudo de caso - procurou-se fazer uma relação do que foi analisado na revisão de literatura, com os dados práticos coletados no alambique, para que assim pudesse ser feito a análise crítica e reflexiva do assunto, contrapondo dados teóricos e práticos, permitindo, assim, a investigação da pesquisa e o alcance dos objetivos propostos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O preenchimento da lista de verificação, relativo à prática da produção de cachaça em um alambique localizado em Palmeira do Piauí, permitiu verificar o grau de aplicação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) existentes e correlacionar a um conjunto de quesitos que caracterizam as BPF. O quesito que recebeu maior pontuação foi o controle de qualidade (média 9,8) e os itens edificação e instalações, higiene pessoal e organização e limpeza, receberam as menores médias (3,2; 4,1 e 4,8, respectivamente), consistindo em resultado preocupante, pois estes são pontos fundamentais dentro das normas de BPF. Na Figura 1 são apresentadas as médias de cada quesito avaliado.

Figura 1 – Médias da Aplicação das BPF no Alambique.



Fonte: Autores, 2025.

A análise dos fatores que caracterizam o quesito de controle de qualidade no alambique demonstra que é feita a diluição do caldo da cana-de-açúcar com água, até que o teor de açúcar fique entre 14 e 16°Brix, onde é utilizado um sacarímetro para realizar a medição, em seguida o caldo é devidamente peneirado e decantado. Para a formação do pé de cuba, são adicionados componentes naturais como fubá, milho, farelo e outros ingredientes devidamente pesados e controlados, sendo o pé de cuba trocado periodicamente.

O pé de cuba é controlado por meio de batelada simples, que é quando a fermentação atinge um estado apropriado (formação de bolhas), passando metade do conteúdo para outra dorna vazia. Após este processo de fermentação o mosto é destilado imediatamente. O entrevistado ainda ressaltou que a moagem é realizada no mesmo dia em que a cana é colhida e a fermentação não ultrapassa o período de 24 horas e, após este período, inicia-se a destilação, onde as frações cabeça e cauda são separadas da fração coração que irá constituir a bebida e são feitas vistorias para diminuir o risco de partículas indesejáveis no produto.

Devido todas essas práticas adotadas, notou-se que a maioria dos itens de controle de qualidade, são atendidos em grande parte pelo engenho, isso se deve principalmente a preocupação do produtor em atender aos critérios deste quesito, buscando sempre novas tecnologias e orientação técnica.

Essa realidade vai de encontro com o que diz a De Freitas Leite *et al.* (2024), que devido ao fato de os produtores de cachaça de alambique não dispor de um laboratório na fábrica para o acompanhamento e monitoramento dos processos de produção, é preciso aprender a usar técnicas de análise para melhor acompanhar o processo. Aspectos sensoriais e medições simples como temperatura e grau Brix do mosto durante a fermentação e do destilado são extremamente úteis no controle do processo de fabricação da cachaça.

Para alcance de uma bebida de qualidade, Meneghin *et al.* (2017) destaca que a implantação de BPF garante a manutenção da qualidade da cachaça e deve oferecer maior competitividade no mercado, redução nos custos e obtenção de resultados imediatos. No entanto, devido a alguns itens não serem adotados no alambique, como a regulação do pH do caldo, sistema de refrigeração nas dornas e processo de envelhecimento, observou-se dificuldade de agregação de valor ao produto, o que impede o alcance da pontuação máxima (média 10,0).

Quanto ao quesito higiene pessoal, a média obtida foi uma das menores, obtendo apenas pontuação de 4,1. As principais falhas observadas foram: as instalações sanitárias são fornecidas aos trabalhadores, mas não é de uso exclusivo da fábrica e não há separação para cada sexo, sendo fornecido apenas um banheiro. Os trabalhadores não recebem uniformes para trabalhar, e não

conhecem os princípios das BPFs, pois nunca receberam treinamentos ou alguma informação sobre o assunto.

As condições de higiene pessoal, hábitos higiênicos e saúde dos funcionários, são aspectos que devem ser levados em consideração e incluídos em um programa de controle e garantia das boas práticas. A educação higiênico-sanitária deve ser voltada a atividades higiênicas e sua manutenção e, também, ao monitoramento das condições de saúde dos trabalhadores (Tavella, 2018).

Em relação ao quesito manutenção, este é amplamente utilizado no engenho, com obtenção da média 7,2. Segundo o proprietário do alambique são feitas manutenções nos equipamentos e substituição dos utensílios sempre que necessário, sendo estes de material resistente, permitindo a higienização periódica. Foi observado que um dos dois alambiques utilizados para a destilação e a serpentina são de cobre, material que agrega sabor e aroma a bebida, no entanto, o outro alambique é de aço inox. Os equipamentos são revisados regularmente, e a limpeza dos alambiques é realizada periodicamente de modo a não oferecer risco de contaminação por azinhavre.

O quesito não atingiu nota máxima, devido a utilização de alguns itens não estarem de acordo com as normas vigentes. Foi observado que as dornas usadas para fermentar, não são de aço inoxidável. Este fator pode prejudicar a qualidade da cachaça, pois, dornas de outros materiais, pode transmitir substâncias tóxicas, odores e sabores desagradáveis e não ser capaz de resistir a repetidas operações de limpeza e desinfecção (Sebrae, 2019).

Quanto a matéria-prima, que inclui a avaliação de qualidade da cana, é o aspecto que chama mais atenção em uma primeira visita ao alambique, tornando fácil a observação e o entendimento das práticas adotadas no engenho em relação ao manejo da cana. Foi relatado, que antes da cana ser moída são tomados certos cuidados, como a retirada da palha e da ponta, sendo estes utilizados para adubação da lavoura, a fim de repor os nutrientes ao solo retirados pela cultura, e que o processo de moagem é feito em menos de 24 horas após o corte. As variedades utilizadas também são conhecidas e recomendadas por órgãos de pesquisa e o fermento utilizado é natural e de boa procedência. De fato, para conseguir um produto de boa qualidade, cuidados como limpeza da cana antes da moagem são de grande importância no processamento. Cortar as pontas, pé e folhas viabilizam transporte, reduz fontes de contaminação e favorece ao melhor aproveitamento da matéria-prima com alto teor de sacarose (Sebrae, 2019).

A quantidade de cana a ser cortada e moída, segundo Da Silva (2020) deve ser o suficiente para um dia de produção, não devendo ultrapassar o período de 24 horas, entre o corte e a moagem. Quando não respeitado esse intervalo de tempo a cana começa a perder açúcar, interferindo nos

demais processos de produção da cachaça. Tais procedimentos são adotados em grande parte pelo engenho, onde o quesito estudado obteve média 8,5.

As principais vantagens observadas no quesito água e efluentes (que obteve média 5,7), é que o abastecimento de água é fornecido em quantidade suficiente para as necessidades da empresa e o reservatório encontra-se em local adequado, impedindo a contaminação da água. Segundo o proprietário o reservatório é tampado e passa por limpeza periódica, no entanto, não são feitos registros dessas limpezas e a água usada na diluição da cachaça é tratada, mas não passa por análise periódica. A vinhaça não é lançada no meio ambiente, sendo utilizada também na adubação do solo. Mesmo assim, os itens atendidos para água e efluentes ainda são relativamente baixos, não condizente com as BPF e por isso foi atribuída uma pontuação baixa. De acordo com Rodrigues *et al.* (2019), é necessário que a fábrica de cachaça disponha de um reservatório para o fornecimento de água com o adequado controle de potabilidade e possua um sistema de canalização e proteção contra contaminação.

No quesito referente ao controle de pragas e lixo gerado, com média 6,1, o produtor disse ter consciência da destinação do lixo, sendo coletado sempre que necessário e da importância do controle efetivo de pragas. Ele também ressaltou que os resíduos de filtração e decantação passam por processamento tecnológico e assim como o bagaço, palhas e pontas da cana, são destinados a adubação do solo. A baixa média obtida no quesito controle de pragas e lixo gerado reflete ao fato de que nem todas as práticas adotadas estão de acordo com as normas de sanitização, sendo observado que o local de armazenamento de lixo é próximo da fábrica aumentando assim o risco de contaminação dentro do engenho.

No quesito organização e limpeza, foi relatado pelo produtor que os funcionários realizam a higienização antes, durante, no intervalo e depois da safra, e em todos os equipamentos e utensílios utilizados no processamento da cachaça. É recomendado que todos os trabalhadores estejam capacitados em técnicas de limpeza, para que estes, independentes da atividade desenvolvida, reconheçam a importância da higienização e de seus riscos de contaminação, são fatores que determina o compromisso do produtor em relação a qualidade e segurança do produto (Rodrigues *et al.* 2019).

Embora estas atividades desenvolvidas somem como positivas, ainda assim o quesito obteve uma das menores médias (4,8), pois quando levado em consideração a disposição dos equipamentos alguns não permitem higienização adequada. Foi observado que a moenda é de madeira e por ser um material poroso que permanece úmido, facilita a aderência de resíduos do bagaço e caldo da cana, dificultando a limpeza do equipamento. Observou-se também que o piso

e as paredes não são revestidos de material resistente, impossibilitando a higienização adequada, onde a limpeza é realizada dentro de um determinado limite.

No que diz respeito ao quesito edificações e instalações no engenho, foi verificado que o local de produção não tem as paredes e pisos impermeáveis a fim de evitar contaminações e facilitar a limpeza, a fábrica é aberta e não possui um local apropriado para higiene pessoal, troca de roupas, instalações sanitárias e pias para lavagem das mãos e utensílios, obtendo a pior nota entre os 8 quesitos avaliados, com média 3,2. Fato este que comprova a necessidade de melhorias, por parte do produtor, nas áreas internas e externas da fábrica, instalações em geral, bem como a implantação das BPF, a fim de corrigir as não conformidades assegurando a qualidade e higiene na produção da bebida.

É importante destacar que as normas vigentes determinam que as instalações do setor de destilação devem ser cobertas, o piso resistente e impermeável, com espaço adequado para atender o volume de produção, permitindo aos trabalhadores maior conforto e segurança e contribuindo com a organização. Em relação as instalações sanitárias estas se tornam obrigatórias tanto por questões higiênico-sanitárias quanto no atendimento às leis trabalhistas (Sebrae, 2019).

4 CONCLUSÃO

Quando comparado às normas que regem as Boas Práticas de Fabricação (BPF), o alambique de Palmeira do Piauí apresenta média superior a 7,0 em apenas três (Controle de Qualidade, Matérias Primas e Manutenção) dos oito quesitos avaliados, onde algumas práticas são negligenciadas o que dificulta o alcance do produto de excelência.

Os quesitos Água e Efluentes e Controle de Pragas e Lixo Gerado atendem parcialmente, as práticas que são classificadas como sendo BPF, mas ainda são insuficientes pelo fato de que nem todas as práticas adotadas estão de acordo com as normas vigentes, sendo algumas ainda muito rústicas, acarretando pontuação abaixo do nível desejado.

No geral, o engenho obteve média global de 6,17, sendo considerada “RUIM”, o que deixa claro a importância e a necessidade da adoção das BPF para o aumento da qualidade do produto, bem como agregação de valor à cachaça, a fim de atender mercados mais exigentes e garantir a segurança dos consumidores e funcionários durante o processo de produção.

REFERÊNCIAS

CIRINO, S. R. A.; GONÇALVES, H. S.; QUEIROZ, F. C. B. P.; QUEIROZ, J. V.; HÉKIS, H. R. Sistema de Produção Enxuta: analisando as práticas adotadas em uma indústria têxtil paraibana. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 8, n. 1, p. 9-21, 2013.

DA SILVA, J. M. **Cachaça: História, gastronomia e turismo.** Editora Senac São Paulo, 2020.

DE FREITAS LEITE, B.; DE ANDRADE, J. C.; DA SILVA, F. S.; COUTINHO, M. M., LEITE, J. Q.; CAMPELO, D. A., ... e GUEDES, M. S. D. L. F. Análise Dos Aspectos Sensoriais No Controle De Qualidade Da Indústria De Cachaça De Alambique. **Aracê**, v. 6, n. 3, p. 5718-5735, 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIMA, U. A. **Aguardente de cana-de-açúcar: com comentários sobre difusão, mau odor, carbamato, armazenamento, envelhecimento e madeira de eucalipto.** Digitaliza Conteúdo, 2023.

MENEGHIM, M. C.; BARBOZA, R. A. B.; RAMALHEIRO, G. C. D. F. e DE LORENZO, H. C. Boas práticas de fabricação e a melhora da qualidade na agricultura familiar: estudo de caso com pequenos produtores de cachaça. **Retratos de Assentamentos**, v. 20, n. 1, p. 207-231, 2017.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa Social: Teoria, Métodos e Criatividades.** (29ª ed.) Petrópolis: Vozes, 2009.

RODRIGUES, L. M. A.; DA SILVA, A. G.; CONSTANT, P. B. L.; DE OLIVEIRA, C. P.; e CARVALHO, A. G. Uma dose de história: cachaça de alambique e aguardente de colona. **Perspectivas e Diálogos: Revista de História Social e Práticas de Ensino**, v. 2, n. 2, 2019.

SAURIN, T. A.; FERREIRA, C. F. Avaliação qualitativa da implantação de práticas da Produção Enxuta: estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas. **Gestão e Produção**, v. 15, n. 3, p. 449-462, 2008.

SEBRAE. **A cachaça de alambique: um estudo sobre hábitos de consumo em Goiânia.** 2019.

SEBRAE. **Cenário do setor da cachaça de alambique e aguardente de cana no estado de Goiás.** 2019.

TAVELLA, A. **Boas práticas de fabricação para serviços de alimentação.** SESI SENAI Editora, 2018.

CAPÍTULO 2

SECAGEM E MICROENCAPSULAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA A UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS

Bárbara Teixeira Gomes   
Universidade Federal de Viçosa, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.987 



Resumo: Bagaço, cascas e sementes, são subprodutos da indústria, comumente descartados, gerando mais de 0,6 bilhão de toneladas de resíduos/por ano. A quantidade de subprodutos compreende aproximadamente 10 a 90% das frutas, dependendo do tipo de fruta e das condições tecnológicas. Como a maioria não tem destino, podem ser descartados de forma inadequada, representando um problema ambiental e econômico. Esta revisão fornece informações sobre métodos de secagem dos subprodutos de frutas e microencapsulação de seus extratos, incentivando o uso integral de frutas e a valorização de seus subprodutos. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza bibliográfica, com caráter exploratório e descritivo. Onde foi analisado e discutido produções científicas relevantes, possibilitando uma compreensão aprofundada. Diferentes estudos indicam que as técnicas de secagem devem ser cuidadosamente selecionadas de acordo com os compostos bioativos a serem extraídos do subproduto. A secagem e a microencapsulação são técnicas amplamente aplicadas em subprodutos de frutas. Diversos estudos comprovam o alto potencial de aproveitamento, aplicação e recuperação de subprodutos de frutas, por meio das variadas possibilidades de utilização e dos diferentes métodos de secagem, o que pode estimular seu emprego pela indústria e pela sociedade e desenvolver novos estudos científicos.

Palavras-chave: Agente encapsulante. Atividade antioxidante. Compostos bioativos. Resíduos agroindustriais.

1 INTRODUÇÃO

Partes não utilizadas de frutas são geralmente subprodutos descartados, gerando grandes quantidades de resíduos agroindustriais (Castro-Vargas *et al.*, 2019). Frutas frescas processadas geram subprodutos constituídos principalmente por cascas e sementes de diferentes formatos e tamanhos, além de polpa não utilizada. A quantidade de subproduto pode representar de 10 a 90% do peso total da fruta, dependendo do tipo de fruta e das condições tecnológicas, podendo se aproximar ou até mesmo exceder a quantidade de polpa (Saad *et al.*, 2019).

Os subprodutos de frutas têm vida útil curta e são gerados em diferentes etapas do processamento, principalmente durante a produção de sucos e outros produtos, como geleias e doces (Tatar; Sumnu; Oztop, 2019). Nos últimos anos, estudos têm relatado que compostos bioativos não são encontrados exclusivamente na polpa da fruta, mas também em subprodutos de frutas. Portanto, considera-se desperdício não utilizá-los e uma perda considerável em termos de nutrientes (Rojas-Bravo *et al.*, 2019).

Assim, há uma tendência crescente de valorização dos subprodutos de frutas devido ao seu alto teor de fibras alimentares e óleos essenciais, bem como à quantidade significativa de compostos bioativos que permanecem após o processamento, como ácidos orgânicos, ácidos graxos poli-insaturados, fitoesteróis e polifenóis, tocoferóis, flavonoides, carotenoides e antocianinas, que são antioxidantes naturais (Ferrentino *et al.*, 2018). Além disso, em muitos casos, subprodutos de frutas, como acerola, uva e jabuticaba, apresentam maior teor de compostos bioativos e capacidade antioxidante do que suas polpas (Rezende; Nogueira; Narain, 2018).

Como a maioria dos resíduos do processamento de alimentos em larga escala não tem destino específico e apresenta baixo valor econômico, eles podem ser descartados de forma

inadequada, representando um problema significativo, tanto em termos ambientais quanto econômicos (Carpes *et al.*, 2020). Portanto, é interessante avaliar o reaproveitamento de resíduos alimentares para reduzir os impactos negativos da geração de resíduos industriais. Atualmente, os órgãos de gestão de resíduos recomendam que as indústrias invistam em novos usos para esses subprodutos (Darra *et al.*, 2018).

O armazenamento, a transformação e o destino adequado dos subprodutos também são um impasse. O bagaço de frutas contém grandes quantidades de água e açúcares fermentáveis, portanto, seu descarte no solo gera preocupações ambientais devido à fermentação descontrolada e à alta demanda química de oxigênio durante sua degradação (Paraman *et al.*, 2015). Estes já são utilizados para produzir ração animal, biogás e biofertilizantes. A indústria de sucos de frutas gera resíduos que sofrem deterioração microbiana, representando um problema de poluição ambiental (Papoutsis *et al.*, 2018).

Assim, é necessário e desejável buscar novas finalidades para os subprodutos de frutas, a fim de valorizá-los comercialmente, gerando ganhos ambientais e econômicos para produtores e processadores de frutas (Carpes *et al.*, 2020). Nesse contexto, este estudo tem como objetivo fornecer informações atualizadas sobre os métodos de secagem e encapsulação para o reaproveitamento de subprodutos de frutas. Este levantamento é relevante para a compreensão do potencial funcional dos subprodutos e futuras aplicações na indústria alimentícia e farmacêutica, agregando valor aos produtos, incentivando o aproveitamento integral das frutas e valorizando seus subprodutos sob uma perspectiva de desenvolvimento sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza bibliográfica, com caráter exploratório e descritivo. Onde foi reunido, analisado e discutido produções científicas relevantes sobre o tema em questão, possibilitando uma compreensão aprofundada. Foram utilizadas fontes como artigos científicos. Foram incluídas na revisão as produções que abordam diretamente o tema central da pesquisa e estão publicadas entre os anos de 2018 e 2025. A busca foi realizada nas seguintes bases: *SciELO*, *Google Scholar* e *CAPES Periódicos*. A coleta foi feita por meio da inserção de palavras-chave específicas, como: "Subprodutos de frutas", "Secagem de subprodutos", "Microencapsulação de subprodutos", entre outras. Os dados coletados foram organizados em um quadro permitindo a categorização das informações por ano de publicação, autor(es), metodologia utilizada e principais resultados e conclusões. Em seguida, foi feita uma análise de conteúdo permitindo a construção de uma discussão crítica e fundamentada. A análise dos textos foi feita com o auxílio de softwares de organização bibliográfica (*Mendeley*).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de colheita e processamento das frutas, grandes quantidades de subprodutos são geradas, podendo ocorrer problemas de armazenamento e deterioração, tornando-se necessário buscar métodos que permitam a conservação desses materiais, como a secagem (Carmona-Jiménez; García-Moreno; García-Barroso, 2018).

A secagem é um dos métodos mais antigos de preservação de alimentos, tornando o manuseio mais fácil, diminuindo a degradação química e tornando os produtos mais estáveis durante o processamento (Papillo *et al.*, 2018). Diferentes técnicas de secagem estão disponíveis no mercado e, como os processos são realizados em diferentes condições de tempo e temperatura, resultam em produtos com características e qualidade distintas (Kuck; Noreña., 2016).

A secagem por *spray drying* é o método mais comum e rentável para encapsular ingredientes alimentícios, mantendo as características físicas e químicas e preservando a qualidade sensorial e nutricional, sem degradação térmica, mesmo de substâncias sensíveis ao calor, devido à secagem rápida e à exposição relativamente curta a altas temperaturas (Leite Neta *et al.*, 2019). A partir desse método, obtêm-se pós com alta qualidade e capacidade antioxidante (Rezende; Nogueira; Narain, 2018).

A liofilização consiste na remoção de água por sublimação, ou seja, transformando gelo em vapor sem passar pela fase líquida (Souza; Gurak; Marczak, 2017). Existem várias vantagens neste método, como (i) a estrutura do produto liofilizado apresenta uma característica esponjosa, permitindo uma rápida reconstituição, e (ii) a manutenção das características do produto original, como sabor, aroma (Agudelo *et al.*, 2017). Devido à baixa atividade de água e às baixas temperaturas exigidas no processo, a maior parte da deterioração e das reações microbiológicas são interrompidas, o que resulta em um produto final de excelente qualidade (Ratti, 2001). Portanto, esta técnica é indicada para a secagem de vegetais e frutas que contêm compostos termossensíveis e instáveis em soluções aquosas, como vitaminas, constituintes voláteis, compostos fitoquímicos e antioxidantes (Agudelo *et al.*, 2017). Apesar de muitas vantagens, a liofilização é um processo demorado e custoso, economicamente inviável para a secagem de subprodutos de baixo valor (Ciccoritti *et al.*, 2018).

A secagem por convecção, é um dos métodos mais simples e baratos para estabilizar matrizes alimentícias com reidratação limitada. É também um processo de fácil expansão (Ciccoritti *et al.*, 2018). No entanto, a técnica apresenta alguns aspectos negativos, como duração relativamente longa e alta temperatura, que em alguns casos podem comprometer a qualidade do produto final e a perda de componentes bioativos (Michalska *et al.*, 2017). Embora a secagem por ar quente seja muito mais barata, ela fornece resultados variáveis dependendo da temperatura e da metodologia

aplicada (Carmona-Jiménez; García-Moreno; García-Barroso, 2018). Existem outras técnicas de secagem, como a secagem por impacto e por micro-ondas a vácuo (Jung; Cavender; Zhao, 2015; Michalska *et al.*, 2017).

Quando fresco e úmido, o bagaço de maçã é altamente perecível devido à sua alta umidade (Joshi; Attri, 2006). Com a secagem, a umidade e a atividade de água diminuem, proporcionando maior segurança microbiológica e um período de armazenamento prolongado, reduzindo o espaço de armazenamento e os custos de transporte. O bagaço de uva é suscetível à degradação microbiana devido à umidade residual; portanto, a secagem é considerada um método essencial para a conservação (Carmona-Jiménez; García-Moreno; García-Barroso, 2018).

A maior preocupação com a secagem de bagaço de frutas é que os compostos bioativos presentes que são sensíveis a fatores externos, como altas temperaturas e presença de luz e oxigênio (Jung; Cavender; Zhao, 2015). A microencapsulação é uma alternativa para a preservação desses compostos, que são facilmente degradados durante o processamento e armazenamento, protegendo-os da luz, umidade, altas temperaturas e oxigênio, aumentando sua estabilidade, preservando suas propriedades antioxidantes e facilitando sua introdução nos alimentos (Carpes *et al.*, 2020). Também tem o objetivo de mascarar propriedades sensoriais desagradáveis (Crizel *et al.*, 2018), proporciona uma liberação controlada do composto bioativo no meio, prolongando a vida útil dos produtos (Jyothi *et al.*, 2010) e pode melhorar a funcionalidade tecnológica das fibras (Crizel *et al.*, 2018).

A microencapsulação consiste em um processo pelo qual pequenas partículas ou gotículas do agente ativo são envolvidas ou incorporadas a um agente encapsulante para protegê-las de condições ambientais adversas e, assim, produzir pós com muitas propriedades valiosas e fácil manuseio (Fang; Bhandari, 2010). Na microencapsulação, um agente encapsulante ou uma mistura de dois ou mais agentes pode ser utilizado em proporções variáveis, influenciando o resultado final (Bhagya Raj; Dash, 2022)

Diferentes métodos podem ser utilizados no encapsulamento, como secagem por pulverização, extrusão, revestimento em leito fluidizado, complexação por inclusão, separação rotacional de suspensões, liofilização (Souza; Gurak; Marczak, 2017) e emulsão, entre outros (Fang; Bhandari, 2010). Agentes encapsulantes são utilizados individualmente ou em combinação para melhorar as propriedades físicas de produtos em pó (Gagnetten *et al.*, 2019). Os pós resultantes podem apresentar diferentes propriedades físico-químicas, dependendo da estrutura, concentração e características do agente encapsulante (Shishir; Chen, 2017).

Tabela 1 – Processos de secagem e microencapsulação aplicados a subprodutos de frutas.

Subproduto de Fruta	Método de Secagem	Agente encapsulante	Proporção Material: Agente Encapsulante	Autores
Extrato de subproduto de cereja (<i>Prunus cerasus</i> L.)	Liofilização (40°C/24 h) (Microencapsulação)	Proteína de soro de leite e soja	2:1 (v/m)	(Petrovic <i>et al.</i> , 2018)
Extrato de casca de mamão	<i>Spray Drying</i> (microencapsulação)	Resíduos de capsula de gelatina (1, 1.5 and 2%) e <i>Tween</i> 80 (0.1%)	Na	(Crizel <i>et al.</i> , 2018)
Extrato de casca de uva Extrato de resíduo de vinho <i>Cabernet Sauvignon</i>	Secagem a vácuo (4-6 h) (microencapsulação)	MCM-41 tipo sílica mesoporosa (comercial) MCM-41 sílica modificada com Zn e Mg	na na	(Brezoiu <i>et al.</i> , 2019)
Extrato de casca de romã (<i>Punica granatum</i> L.)	Liofilização (-55 °C/0.15 mmHg/48 h) (microencapsulação)	Maltodextrina (5, 10 e 15%) com alginato de cálcio (0.1%)	1:5 (m/m)	(Azarpazhooh <i>et al.</i> , 2019)
Casca e semente de jaboticaba (<i>Myrciaria cauliflora</i>)	Microencapsulação por extrusão	Alginato de sódio (1.6%)	Na	(De Cássia Sousa Mendes <i>et al.</i> , 2021)
Extrato de bagaço de morango	Liofilização (-52°C/72 h) (microencapsulação)	Maltodextrina e goma arábica (10:0, 8:2 e 6:4)	1:20 (m/m)	(Tatar; Sumnu; Oztop, 2019)
Extrato de resíduo de acerola	<i>Spray Drying</i> Liofilização	Maltodextrina, goma arábica e isolado proteico de soro de leite (30 %)	1:1 (v/v)	(Gomes <i>et al.</i> , 2024)
Bagaço de maçã	Liofilização	Na	Na	(Li <i>et al.</i> , 2025)

na: não aplicável.

Fonte: Autores, 2025.

Estudos de diferentes autores indicam que as técnicas de secagem devem ser cuidadosamente selecionadas de acordo com os compostos bioativos a serem extraídos do subproduto e de acordo com o uso que se deseja dar ao subproduto. Os diferentes métodos de secagem afetam significativamente a capacidade antioxidante e o conteúdo fenólico (Rodrigues *et al.*, 2018). Quando utilizado calor na secagem, pode ocorrer a síntese de novos compostos que contribuem para a capacidade antioxidante (Papoutsis *et al.*, 2017).

Os subprodutos de frutas podem ser secos ou seus extratos microencapsulados por diversos métodos que afetarão as características e a qualidade do produto final. A microencapsulação facilita a incorporação desses subprodutos em formulações de produtos alimentícios ou uso como nutracêutico.

4 CONCLUSÃO

Diversos estudos comprovam o alto potencial de aproveitamento de subprodutos da indústria de processamento de frutas, por meio dos diferentes métodos de secagem. Demonstra-se, que existem formas promissoras de aproveitamento de subprodutos de frutas, o que pode estimular seu uso pela indústria e pela sociedade. Nesse sentido, os subprodutos de frutas tendem a ser cada vez mais valorizados. Há um incentivo para sua utilidade no desenvolvimento de ingredientes alimentícios funcionais, na formulação de alimentos, cosméticos e nutracêuticos, no acondicionamento e na embalagem de alimentos. Além disso, existe potencial para incorporação de subprodutos de frutas na forma de aditivos, como corantes, conservantes e antioxidantes naturais em produtos alimentícios, voltados principalmente para um público que busca alimentos menor teor de ingredientes artificiais.

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos aos auxílios recebidos por órgãos de fomento para a elaboração do trabalho, na forma de bolsa de estudo e de financiamento. Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq [bolsa número 409221/2018-0], pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES [código de financiamento 001], Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES, bolsa nº 139/2020) e Cooperação CAPES/FAPES - Programa de Desenvolvimento de Pós-Graduação (nº de concessão 2021-5S41N).

REFERÊNCIAS

- AGUDELO, C.; IGUAL, M. M.; CAMACHO, M. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of process technology on the nutritional, functional, and physical quality of grapefruit powder. **Food Science and Technology International**, v. 23, n. 1, p. 61–74, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177/1082013216658368>.
- AZARPAZHOOH, E.; SHARAYEI, P.; ZOMORODI, S.; RAMASWAMY, H. S. Physicochemical and Phytochemical Characterization and Storage Stability of Freeze-dried Encapsulated Pomegranate Peel Anthocyanin and In Vitro Evaluation of Its Antioxidant Activity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, p. 199–210, 2019. .
- BHAGYA RAJ, G. V.S.; DASH, Kshirod K. Microencapsulation of betacyanin from dragon fruit peel by complex coacervation: Physicochemical characteristics, thermal stability, and release profile of microcapsules. **Food Bioscience**, v. 49, p. 101882, 1 Oct. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2022.101882>.
- BREZOIU, A. M.; MATEI, C.; DEACONU, M.; STANCIUC, A. M.; TRIFAN, A.; GASPAR-PINTILIESCU, A.; BERGER, D. Polyphenols extract from grape pomace . Characterization and valorisation through encapsulation into mesoporous silica-type matrices. **Food and Chemical** Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

Toxicology, v. 133, no. August, p. 110787, 2019. DOI 10.1016/j.fct.2019.110787.

CARMONA-JIMÉNEZ, Y.; GARCÍA-MORENO, M V.; GARCÍA-BARROSO, C. **Effect of Drying on the Phenolic Content and Antioxidant Activity of Red Grape Pomace**. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2018.

CARPES, S. T.; PEREIRA, D.; MOURA, C. De; REIS, A. S. dos; SILVA, L. D. da; OLDONI, T. L. C.; ALMEIDA, J. F.; PLATA-OVIEDO, M. V. S. Lyophilized and microencapsulated extracts of grape pomace from winemaking industry to prevent lipid oxidation in chicken pâté. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, n. e2019112, p. 1–13, 2020. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1981-6723.11219>.

CASTRO-VARGAS, H. I; BAUMANN, W.; FERREIRA, Sandra R S; PARADA-ALFONSO, Fabia n. Valorization of papaya (*Carica papaya* L.) agroindustrial waste through the recovery of phenolic antioxidants by supercritical fluid extraction. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. June, p. 3055–3066, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03795-6>.

CICCORITTI, R.; PALIOTTA, M.; CENTIONI, L.; MENCARELLI, F.; CARBONE, K. The effect of genotype and drying condition on the bioactive compounds of sour cherry pomace. **European Food Research and Technology**, v. 244, n. 4, p. 635–645, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2982-3>.

CRIZEL, T. De M.; RIOS, A. De O.; ALVES, V. D; BANDARRA, N.; MOLDÃO-MARTINS, M.; FLÓRES, S. H. Biodegradable Films Based on Gelatin and Papaya Peel Microparticles with Antioxidant Properties. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, p. 536–550, 2018. .

DARRA, N. El; RAJHA, H. N; DEBS, E.; SALEH, F.; EL-GHAZZAWI, I.; LOUKA, N.; MAROUN, R. G. Comparative Study between Ethanolic and β -Cyclodextrin Assisted Extraction of Polyphenols from Peach Pomace. **International Journal of Food Science**, v. 2018, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/9491681>.

DE CÁSSIA SOUSA MENDES, D.; ASQUIERI, E. R.; BATISTA, R. D.; DE MORAIS, C. C.; RAMIREZ ASCHERI, D. P.; DE MACÊDO, I. Y. L.; DE SOUZA GIL, E. Microencapsulation of jabuticaba extracts (*Myrciaria cauliflora*): Evaluation of their bioactive and thermal properties in cassava starch biscuits. **LWT**, v. 137, p. 110460, 1 Feb. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.110460>.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols - A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 21, n. 10, p. 510–523, 2010. DOI: 10.1016/j.tifs.2010.08.003.

FERRENTINO, G.; MOROZOVA, K.; MOSIBO, O. K.; RAMEZANI, M.; SCAMPICCHIO, M. Biorecovery of antioxidants from apple pomace by supercritical fluid extraction. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 253–261, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.165.

GAGNETEN, M.; CORFIELD, R.; MATTSON, M. G.; SOZZI, A.; LEIVA, G.; SALVATORI, D.; SCHEBOR, C. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content. **Powder Technology**, v. 342, p. 1008–1015, 2019. DOI: 10.1016/j.powtec.2018.09.048.

JOSHI, V K; ATTRI, D. **Solid state fermentation of apple pomace for the production of** Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

value added products. v. 5, n. August, p. 289–296, 2006.

JUNG, J.; CAVENDER, G.; ZHAO, Y. Impingement drying for preparing dried apple pomace flour and its fortification in bakery and meat products. **Journal of Food Science**, v. 52, n. September, p. 5568–5578, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1680-4>.

JYOTHI, N. V. N.; PRASANNA, P. M.; SAKARKAR, S. N.; PRABHA, K. S.; RAMAIAH, P. S.; SRAWAN, G. Y. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. **Journal of Microencapsulation**, v. 27, n. 3, p. 187–197, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3109/02652040903131301>.

KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var . Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic , polydextrose , and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **FOOD CHEMISTRY**, v. 194, p. 569–576, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.08.066.

LEITE NETA, M. T. S.; DE JESUS, M. S.; DA SILVA, J. L. A.; ARAUJO, H. C. S.; SANDES, R. D. D.; SHANMUGAM, S.; NARAIN, N. Effect of spray drying on bioactive and volatile compounds in soursop (*Annona muricata*) fruit pulp. **Food Research International**, v. 124, p. 70–77, 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.09.039.

LI, S.; LI, G.; CHEN, Z.; CUI, L.; WANG, Z. Enhancing antioxidant activity and functional benefits of kiwi ice wine via freeze concentration techniques and apple pomace freeze-dried powder. **Food Bioscience**, v. 64, p. 106006, 1 Feb. 2025. DOI: 10.1016/J.FBIO.2025.106006.

MICHALSKA, A.; WOJDYŁO, A.; ŁYSIAK, G. P.; LECH, K.; FIGIEL, A. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders. **Advanced Powder Technology**, v. 28, n. 5, p. 1340–1348, 2017. DOI: 10.1016/j.appt.2017.03.002.

PAPILLO, V. A.; LOCATELLI, M.; TRAVAGLIA, F. BORDIGA, M.; GARINO, C.; ARLORIO, M.; COÏSSON, J. D. Spray-dried polyphenolic extract from Italian black rice (*Oryza sativa* L., var. Artemide) as new ingredient for bakery products. **Food Chemistry**, v. 269, p. 603–609, 15 Dec. 2018. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2018.07.059.

PAPOUTSIS, K.; PRISTIJONO, P.; GOLDING, J. B.; STATHOPOULOS, C. E.; BOWYER, M. C.; SCARLETT, C. J.; VUONG, Q. V. Optimizing a sustainable ultrasound-assisted extraction method for the recovery of polyphenols from lemon by-products : comparison with hot water and organic solvent extractions. **European Food Research and Technology**, v. 244, n. 8, p. 1353–1365, 2018. DOI: 10.1007/s00217-018-3049-9.

PAPOUTSIS, K.; PRISTIJONO, P.; GOLDING, J. B.; STATHOPOULOS, C. E.; BOWYER, M. C.; SCARLETT, C. J.; VUONG, Quan V. Effect of vacuum-drying , hot air-drying and freeze-drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (*Citrus limon*) pomace aqueous extracts. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 880–887, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13351>.

PARAMAN, I.; SHARIF, M. K.; SUPRIYADI, S.; RIZVI, S. S. H. Food and Bioproducts Processing Agro-food industry byproducts into value-added extruded foods. **Food and Bioproducts Processing**, v. 96, p. 78–85, 2015. DOI: 10.1016/j.fbp.2015.07.003.

PETROVIC, J.; PAJIN, B.; LONCAREVIC, I.; SAPONJAC, V. T.; NIKOLIC, I.; ACKAR, Durd-ica; ZARIC, D. Encapsulated sour cherry pomace extract : Effect on the colour and rheology of cookie dough. **Food Science and Technology International**, v. 25, n. 2, no. July, p. 130–140, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/1082013218802027>.

RATTI, C. **Hot air and freeze-drying of high-value foods** : a review. vol. 49, p. 311–319, 2001.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying : Chemical , morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, no. February, p. 281–291, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.026.

RODRIGUES, L. M.; JANUÁRIO, J. G. B.; SANTOS, S. S. dos; BERGAMASCO, R.; MADRONA, G. S. Microcapsules of ‘jaboticaba’ byproduct: Storage stability and application in gelatin. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 424–429, Jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n6p424-429>.

ROJAS-BRAVO, M.; ROJAS-ZENTENO, E. G.; HERNÁNDEZ-CARRANZA, P.; ÁVILA-SOSA, R.; AGUILAR-SÁNCHEZ, R.; RUIZ-LÓPEZ, I. I.; OCHOA-VELASCO, C. E. A Potential Application of Mango (*Mangifera indica* L . cv Manila) Peel Powder to Increase the Total Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Edible Films and Coatings. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, p. 1584–1592, 2019. .

SAAD, N; LOUVET, F; TARRADE, S; MEUDEC, E; GRENIER, K; LANDOLT, C; OUK, T S; BRESSOLLIER, P. Enzyme-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Raspberry (*Rubus idaeus* L .) Pomace. **Journal of Food Science**, v. 84, n. 6, p. 1371–1381, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14625>.

SHISHIR, M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science and Technology**, v. 65, p. 49–67, 2017. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.05.006.

SOUZA, A. C. P.; GURAK, P. D.; MARCZAK, L. D. F. Maltodextrin, pectin and soy protein isolate as carrier agents in the encapsulation of anthocyanins-rich extract from jaboticaba pomace. **Food and Bioproducts Processing**, v. 102, p. 186–194, 2017. DOI: 10.1016/j.fbp.2016.12.012.

TATAR, B. C.; SUMNU, G.; OZTOP, M. Microcapsule characterization of phenolic powder obtained from strawberry pomace. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. e13892,no. January, p. 1–8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13892>.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO EM REGIÃO SEMIÁRIDA SERGIPANA PARA FINS DE MELHORAMENTO

Barbara Nascimento Santos   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Nartênia Susane Costa Aragão   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Jacilene Francisca Souza Santos   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

João Vitor   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Carla Nayara   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil, ID

Mikaely Rosendo dos Santos   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Mario Sergio   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

José Jairo Florentino Cordeiro Junior   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.988 

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura mundialmente importante. Apesar de sua ótima elasticidade fenotípica, a cultura apresenta limitações produtivas devido a adversidades climáticas, principalmente em regiões semiáridas. Selecionar cultivares de milho com potencial produtivo para utilização dentro do programa de melhoramento. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, Nossa Senhora da Glória – SE, na safra de 2021. Foram avaliados 46 cultivares de milho em um delineamento em blocos casualizados, com duas repetições. Avaliou-se variáveis morfológicas, fenológicas e de pós-colheita. Realizou-se análise de variância, teste de Scott-Knott e um dendrograma UPGMA com distância euclidiana, aliado ao gráfico Heatmap. Houve diferenças significativas entre os genótipos, sendo identificado os mais produtivos e contrastantes: DGX 20 S 01, BM 270 Pro2, P 3754 PWU, P 3397 PWU, K 9960 vIP3, DKB 360 Top3, DKB 290 Top3, AS 1868 Pro3 e 30 A 95 PWU. Recomenda-se selecionar os genótipos DGX 20 S 01, BM 270 Pro2, P 3754 PWU, P 3397 PWU, K 9960 vIP3, DKB 360 Top3, DKB 290 Top3, AS 1868 Pro3 e 30 A 95 PWU para uso em programas de melhoramento destinados a ampliar a produtividade do milho no semiárido.

Palavras-chave: Heatmap. Diversidade genética. *Zea mays* L.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) ocupa uma posição de destaque entre as culturas agrícolas, sendo fundamental para a segurança alimentar e econômica de milhões de pessoas em diversas partes do mundo. Esta gramínea, pertencente à família Poaceae, é classificada como uma planta de metabolismo C4, o que proporciona notável eficiência no uso da água e do carbono, permitindo-lhe ser cultivada em ambientes com temperaturas elevadas e recursos hídricos limitados (Silva *et al.*, 2024).

Essa característica adaptativa é particularmente relevante para a agricultura em regiões semiáridas, como o semiárido brasileiro, onde o milho se torna uma alternativa viável para a produção agrícola sob condições climáticas adversas (Correia *et al.*, 2024). Além disso, essa cultura está presente em praticamente todo o território nacional. No Brasil, destacam-se três principais safras: a primeira (safra de verão), a segunda (safrinha) e a terceira (safra de inverno) (EMBRAPA, 2021).

No semiárido sergipano, o milho desempenha um papel crucial na alimentação animal, sendo utilizado tanto para a produção de grãos quanto a de forragem. Esse fato torna a cultura essencial para a sustentabilidade da pecuária local, especialmente em períodos de seca prolongada, suprimindo a nutrição animal mesmo diante da escassez de outras fontes (Resende *et al.*, 2021, Costa *et al.*, 2019).

Embora os avanços tecnológicos tenham contribuído para o aumento da produtividade do milho em muitas regiões, a região do semiárido ainda enfrenta desafios para alcançar o máximo do potencial produtivo. A variação das chuvas e os longos períodos de estiagem têm um impacto direto no desenvolvimento da planta, sendo os estágios críticos do desenvolvimento do milho,

como V4 (quatro folhas completamente desenvolvidas), V6 (seis folhas completamente desenvolvidas) e VT-R1 (pendoamento e início da floração feminina), são altamente sensíveis à escassez de água (Lima *et al.*, 2018). Tais desafios afetam diretamente a formação de grãos e, conseqüentemente, a produtividade da cultura, comprometendo o seu rendimento final (Alves *et al.*, 2020).

Para enfrentar essas limitações, é imprescindível o desenvolvimento de cultivares de milho mais adaptadas às condições semiáridas, que combinem características de resistência à seca com uma maturidade precoce. Essas cultivares têm o potencial de aumentar a estabilidade da produção e proporcionar maior segurança para os agricultores, especificamente em um cenário de mudanças climáticas e variabilidade de recursos hídricos (Pereira *et al.*, 2021). Adicionado a isso, o foco na seleção de variedades que maximizem a produtividade em condições adversas é crucial para garantir a segurança alimentar da população regional.

Nesse contexto, desde 2018, o Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido (GEMS), vinculado à Universidade Federal de Sergipe (UFS), em colaboração com a EMBRAPA Semiárido, tem se dedicado à pesquisa e desenvolvimento de cultivares adaptadas à região. Estudos como os realizados por Carvalho *et al.* (2022) e Silveira *et al.* (2021) têm mostrado a importância do milho no semiárido, não apenas pela produção de grãos, mas também pela sua utilização como forragem, característica que torna a cultura ainda mais estratégica para a região.

Essas pesquisas ressaltam a necessidade de cultivares mais resistentes e adaptadas ao clima semiárido, portanto, este estudo tem como objetivo selecionar cultivares de milho com potencial produtivo para uso dentro do programa de melhoramento, visando a obtenção de variedades com características que possam atender às necessidades específicas do semiárido. O sucesso dessa abordagem é primordial para garantir que os agricultores da região enfrentem de forma mais eficiente os desafios impostos pelos fatores edafoclimáticos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo, material genético e delineamento experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, localizada em Nossa Senhora da Glória – SE (10°13'06" S 37°25'13" O e 291 m), Brasil. A classificação do clima da região é do tipo “As”, segundo a adaptação de Alvares *et al.* (2013), sendo caracterizado como clima tropical com estação seca.

Foram avaliados 46 cultivares de milho em um delineamento experimental em blocos casualizados, com duas repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de cinco metros

de comprimento, cada, e espaçadas a 0,20 m entre plantas e 0,70 m entre linhas, totalizando uma população de 71.428,57 plantas por hectare.

2.2 Variáveis de estudo e análises estatística

Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foram avaliadas variáveis morfológicas, fenológicas e de pós-colheita, para posterior análises dos dados. As variáveis avaliadas juntamente com as unidades de medida e abreviaturas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das variáveis avaliadas no experimento.

Abreviatura	Variável	Unidade
Características morfológicas		
AP	Altura de planta ¹	M
AE	Altura de espiga ¹	M
Características fenológicas		
FF	Florescimento feminino ²	Dias
FM	Florescimento masculino ²	Dias
Características pós-colheita		
NFG	Número de fileiras de grão por espiga ¹	Unidade
NGF	Número de grãos por fileira ¹	Unidade
CE	Comprimento de espiga ¹	cm
DE	Diâmetro de espiga ¹	cm
PGT	Peso de grãos total	Kg
PG	Produtividade de grãos a 13% de umidade	Kg ha ⁻¹

¹resultados considerando a média de cinco plantas por parcela; ²unidade de expressão considerando dias após o plantio; m: metros; cm: centímetros; kg: quilogramas; ha⁻¹: hectare.

Fonte: Autores, 2025.

As análises estatísticas foram realizadas no ambiente RStudio (R Core Team, 2024). Foi realizada uma análise de variância (ANAVA) utilizando a função `ea1` do pacote `easyanova` (Arnhold, 2013), para todas as variáveis do estudo. Posteriormente, foi aplicado o teste de agrupamento de médias Scott-Knott e um dendrograma UPGMA com distância euclidiana aliado ao gráfico heatmap para as médias de produtividade de grãos, utilizando os pacotes `pheatmap` e `ggplot2` (Kolde R, 2019; Wickham, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise de variância (Tabela 2), foi observado significância entre os genótipos para todas as variáveis do estudo, com exceção apenas da variável altura de planta (AP), indicando que existe variabilidade genética entre os genótipos avaliados, sendo então possível explorar esses materiais em programas de melhoramento para obter novos genótipos com características desejáveis (Cordeiro *et al.*, 2019; Conceição *et al.*, 2024).

Tabela 2 – Resumo da Análise de Variância para as variáveis do estudo.

FV	GL	QM			
		AP	AE	FM	FF
GENÓTIPO	45	607.0986 ^{ns}	304.9606*	5.4493***	207.4734***
BLOCO	1	271.3478 ^{ns}	138.7935 ^{ns}	25.0435***	21.0435 ^{ns}
RESÍDUO	45	403.8145	167.5713	1.4879	67.0879
CV (%)		9.62	12.39	2.11	34.73
MÉDIA		208.86	104.44	57.82	57.34
		PE	DE	CE	NFE
GENÓTIPO	45	4.2975***	0.1004***	4.2313***	4.6904***
BLOCO	1	0.0094 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	1.4626 ^{ns}	1.1757 ^{ns}
RESÍDUO	45	1.2849	0.0385	1.6484	0.9908
CV (%)		27.29	4.15	7.63	6.05
MÉDIA		4.15	4.72	16.82	16.45
		NGF	PGT	PG	
GENÓTIPO	45	14.4645*	1807847,63***	1454518.5***	
BLOCO	1	4.4792 ^{ns}	19227,17 ^{ns}	220887.2 ^{ns}	
RESÍDUO	45	7.8561	551981,62	319053.1	
CV (%)		7.58	28,92	10.71	
MÉDIA		36.96	2568.696	5274.605	

FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo; *, ***: significativo a 5% e 0,1% pelo teste F de probabilidade.

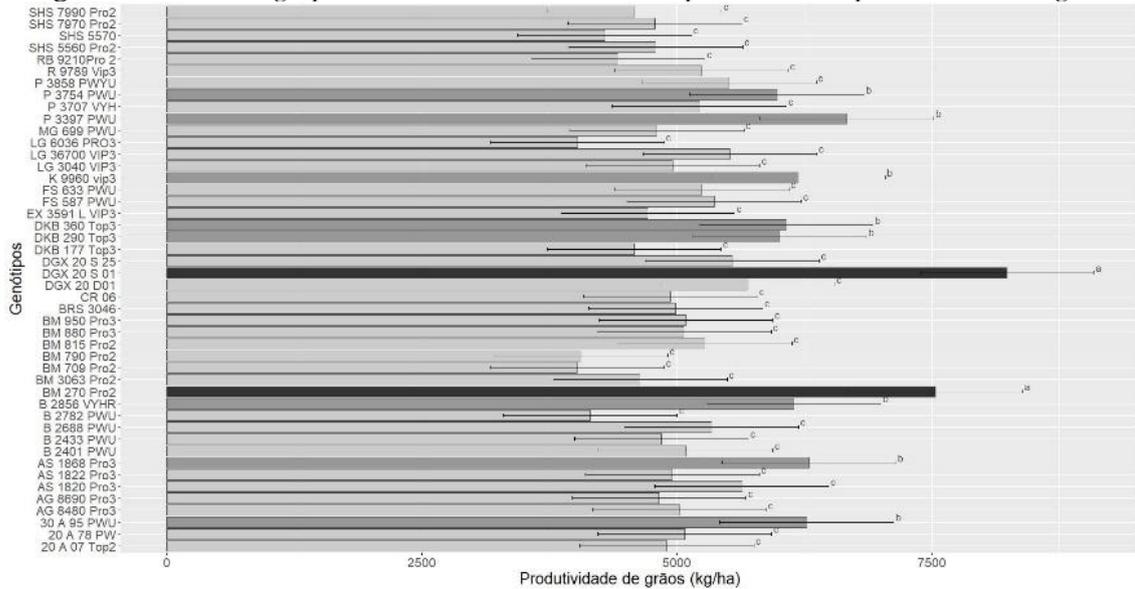
Fonte: Autores, 2025.

A ausência de diferenças significativas na altura da planta (AP) entre os genótipos pode sugerir que essa característica é menos afetada pelo material genético e mais impactada por fatores ambientais, como visto nos trabalhos de Syafrizal *et al.* (2024) e Chauhdary *et al.* (2024), que avaliaram essa variável no milho exposto a diferentes ambientes. Somado a isso, a variabilidade identificada nas variáveis de pós-colheita das cultivares avaliadas reforça a importância de selecionar genótipos superiores para maximizar a produtividade.

Além disso, verificou-se que o coeficiente de variação está dentro dos limites aceitáveis na experimentação para a maioria das variáveis analisadas, estando abaixo de 20% (Gurgel *et al.*, 2013), demonstrando a acurácia nos resultados e indicando alta confiabilidade.

Os genótipos DGX 20 S 01 e BM 270 Pro2 foram agrupados no grupo “a” pelo teste Scott-Knott, revelando a superioridade desses materiais (Figura 1). O grupo “b” com genótipos de produtividade intermediária, foi formado pelos genótipos: P 3754 PWU, P 3397 PWU, K 9960 vIP3, DKB 360 Top3, DKB 290 Top3, B 2856 VYHR, AS 1868 Pro3, 30 A 95 PWU (Figura 1).

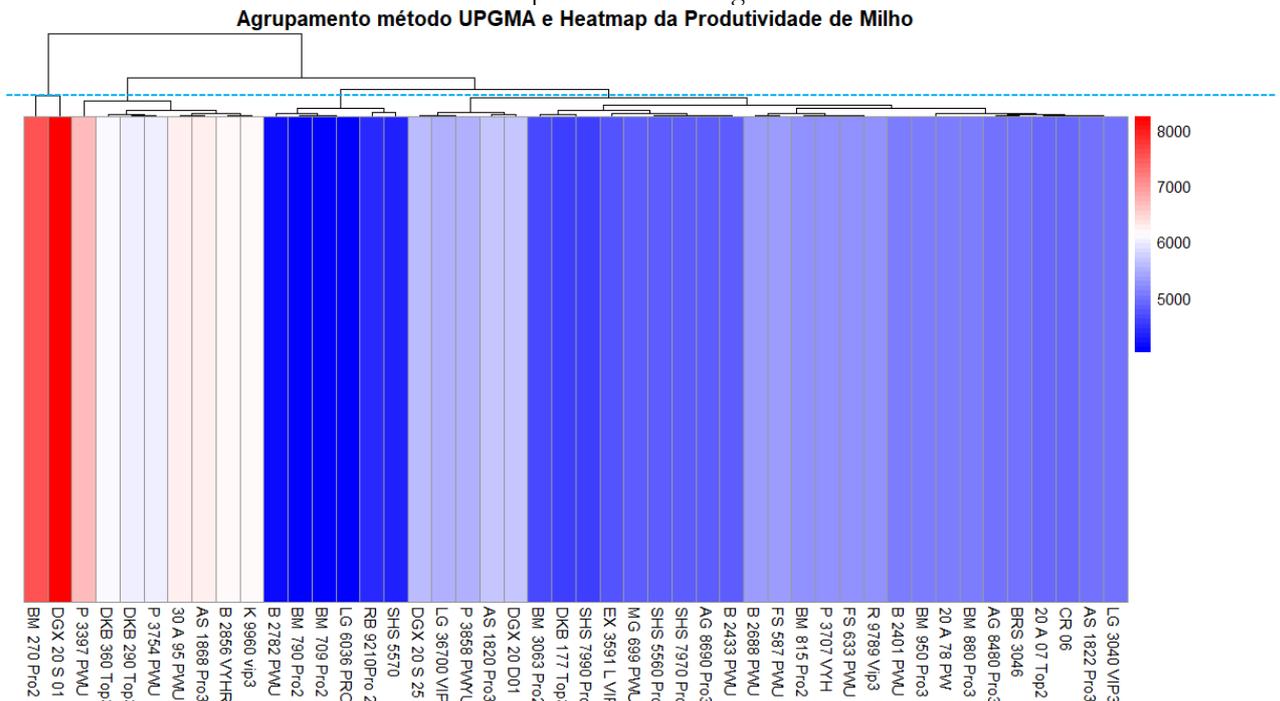
Figura 1 – Teste de agrupamento de médias Scott-Knott para a variável produtividade de grãos.



Fonte: Autores, 2025.

Foi possível observar a formação de três grandes grupos no dendrograma, sendo destacados no gráfico Heatmap de acordo com a produtividade média. Evidenciou-se que os genótipos mais produtivos (DGX 20 S 01 e BM 270 Pro2) apresentam também forte similaridade, formando o primeiro grupo, enquanto os genótipos de menor produtividade formaram um grupo distinto (Figura 2).

Figura 2 – Agrupamento método UPGMA (distância euclidiana) e Heatmap dos genótipos avaliados para a variável produtividade de grãos.



Fonte: Autores, 2025.

Assim como no teste de Scott-Knott, os genótipos que foram classificados no grupo “b” formaram o segundo grupo destacado na análise da Figura 2, apresentando alta semelhança com o primeiro grupo formado. Dessa forma, a existência de um terceiro grupo com maior divergência indica que cruzamentos entre este grupo e os genótipos mais produtivos podem ampliar a diversidade genética e potencializar os benefícios na seleção, obtendo híbridos superiores, devido ao contraste presente nos materiais (Ferreira *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2023).

Esses resultados contribuem significativamente para o avanço das pesquisas dentro dos programas de melhoramento genético, pois assegura a existência de variabilidade genética a ser explorada, possibilitando a identificação de genótipos potenciais para futuros cruzamento.

4 CONCLUSÃO

Com os resultados do estudo, sugere-se a seleção dos genótipos DGX 20 S 01, BM 270 Pro2, P 3754 PWU, P 3397 PWU, K 9960 vIP3, DKB 360 Top3, DKB 290 Top3, B 2856 VYHR, AS 1868 Pro3 e 30 A 95 PWU para formação de população base de melhoramento que objetiva aumentar o potencial produtivo do milho em região semiárida. Ademais, pesquisas futuras podem levar em consideração esses insights para cruzamentos estratégicos visando aumento da diversidade genética.

Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido (GEMS), ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a EMBRAPA Semiárido.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen ppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, D. A.; COSTA, J. A.; PEREIRA, F. R. Desafios da produção de milho em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 32, n. 4, p. 510-520, 2020.

ARNHOLD, E. Package in the R environment for analysis of variance and complementary analyses. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.50, n.6, p.488-492, 2013.

CARVALHO, M. N.; OLIVEIRA, T. R. A. D.; SILVEIRA, E. S.; SANTOS, A. D. M.; SILVA, A. F. D.; OLIVEIRA, G. H. F.D. Potential of forage and grain yield of maize genotypes in the

Brazilian semiarid region. **Revista Ceres**, v. 69, p. 456-463, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269040010>

CHAUHDARY, J. N.; LI, H.; AKBAR, N.; JAVAID, M.; RIZWAN, M.; AKHLAQ, M. Evaluating corn production under different plant spacings through integrated modeling approach and simulating its future response under climate change scenarios. **Agricultural Water Management**, v. 293, p. 108691, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108691>

CONCEIÇÃO, R. T.; SOUZA, ÊNIO G. F.; CRUZ, E. A. DA; SILVA, J. M. DA; SILVA, R. C.; PRATES, F. B. DE S.; SILVA, T. G. F. DA; COSTA, E. DA S.; COSTA, K. D. DA S. Biometria e produtividade de grãos de híbridos de milho no Alto Sertão Sergipano. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 12, p. e11055, 2024. DOI: [10.54033/cadpedv21n12-205](https://doi.org/10.54033/cadpedv21n12-205).

CORDEIRO, A. G. M.; LIMA, J. A.; PENNA, G. F.; ROSSI, A. A. B.; GODINHO, V. D. P. C.; DE OLIVEIRA GUIMARÃES, P. E. Diversidade genética entre genótipos de milho. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 19, n. 2, p. 125-131, 2021. DOI: [10.30681/rcaa.v19i2.5988](https://doi.org/10.30681/rcaa.v19i2.5988)

CORREIA, A. A.; FREIRE, W. A.; DA SILVA, T. P.; FERREIRA, J. T.; GONÇALVES, M. A. B.; SOUZA, Ê. G. F. Características Agronômicas de híbridos de milho para grãos no sertão de Alagoas. **EDUCTE: Revista Científica do Instituto Federal de Alagoas**, v. 15, p. 51-69, 2024.

COSTA, A. P.; LIMA, M. H.; SANTOS, R. F. Milho e a produção de forragem no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, n. 3, p. 98-107, 2019.

EMBRAPA. **Tecnologias para o cultivo de milho no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2021.

FERREIRA, E. A.; DOS SANTOS, G. F.; DIAS, E. A. Diversidade Genética Da População Meios Irmãos De Milho UEMG 1. **Intercursos Revista Científica**, v. 19, n. 2, 2020.

GURGEL, F. DE L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, A. C. S. **O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão**. 2013.

LIMA, M. R.; PEREIRA, A. L.; COSTA, T. J. Estágios críticos de desenvolvimento do milho no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 41, p. 421-428, 2018.

KOLDE R. `_pheatmap: Pretty Heatmaps_`. **R package version 1.0.12**, <https://CRAN.R-project.org/package=pheatmap>. 2019.

PEREIRA, F. R.; ALVES, D. A.; SANTOS, M. A. Melhoramento do milho para o semiárido brasileiro. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 5, p. 1481-1492, 2021.

R Core Team. `_R: A Language and Environment for Statistical Computing_`. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. 2024.

RESENDE, J. S.; *et al.* Efeito De Usos E Manejos Agrícolas Do Solo No Semiárido Piauiense Na Macrofauna E Carbono Orgânico Do Solo v. 11 n. 1: **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. 2021.

SANTOS, J. DE SOUZA, DARDENGO, J. D. F. E., PENNA, G. F., DOS SANTOS, L. L., DOS SANTOS, R. C.; ROSSI, A. A. B. Análise da diversidade genética de milhos crioulo (*Zea mays* L.) Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

Pesquisas Agronômicas: aspectos gerais e avanços tecnológicos | Miranda *et al.*

do Norte de Mato Grosso. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 2, p. 1-16, 2023.

SILVA, C. M. da., *et al.* Melhoramento genético de plantas para adaptabilidade às mudanças climáticas. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 9, p. 01-19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i9.4161>.

SILVEIRA, E.; CARVALHO, M. N.; LIMA, B. B. D.; OLIVEIRA, T. R. A. D.; OLIVEIRA, G. H. F.D. Caracterização de diferentes classes genéticas de milho cultivados em região semiárida quanto ao potencial forrageiro. **Matéria**, v. 26, n.4, p. 13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517707620210004.1302>

SYAFRIZAL, Y.; SEVIRASARI, N.; ADILEKSANA, C. Effects of different management practices on the growth and yield of corn. **Ilmu Pertanian (Agricultural Science)**, v. 9, n. 1, p. 22-34, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22146/ipas.89943>

WICKHAM, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. **Springer-Verlag**, New York, 2016.

CAPÍTULO 4

CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS NA CULTURA DO MILHO E SUA APLICAÇÃO NO MELHORAMENTO

Jacilene Francisca Souza Santos   

Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

Carla Nayara da Silva Lima   

Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

Barbara Nascimento Santos   

Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

Nartênia Susane Costa Aragão   

Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

Mario Sergio Rodrigues Barreto   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE, Brasil

Mikaely Rosendo dos Santos   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE, Brasil

João Vitor de Santana Aragão   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE, Brasil

Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

José Jairo Florentino Cordeiro Junior   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.989 

Resumo: A produção de milho no semiárido enfrenta desafios hídricos e nutricionais, exigindo genótipos cada vez mais adaptados ao Sertão e Agreste de Sergipe. O melhoramento genético tem sido essencial para desenvolver cultivares mais produtivas e tolerantes à seca e a análise de correlação tem contribuído para esse fim. Analisar as associações de variáveis morfológicas e de produção para fins de melhoramento genético de milho para o semiárido. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, em Nossa Senhora da Glória-SE, safra 2022. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com duas repetições e 24 híbridos comerciais adaptados à região. Foram avaliadas características morfológicas e pós-colheita. Os resultados revelaram diferenças significativas entre os genótipos para a maioria das características, evidenciando variabilidade genética. Correlações positivas entre AP e AE (0,90) e entre FMD e FFD (0,89) indicam tendências no desenvolvimento das plantas. O NEP apresentou uma forte correlação positiva com o PGT (0,86). A forte relação entre AP e AE, bem como entre os componentes do florescimento, demonstra a consistência do comportamento fenotípico dos híbridos avaliados, auxiliando na escolha de cultivares mais adequadas ao semiárido.

Palavras-chave: Melhoramento genético. Semiárido. *Zea mays* L.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, sendo amplamente cultivado em diversas condições edafoclimáticas. No Brasil, o cultivo do milho é essencial para a segurança alimentar e a economia agrícola, ocupando posição de destaque na produção de grãos (CONAB, 2023). Entretanto, no semiárido, essa cultura enfrenta desafios relacionados à disponibilidade hídrica e nutricional, o que torna essencial a seleção de genótipos mais o que torna essencial à seleção de genótipos adaptados às limitações hídricas e climáticas locais (Silva, 2024).

O milho no semiárido brasileiro é essencial para identificar genótipos que apresentem melhor desempenho agrônomo e adaptação às condições locais. Ao longo dos anos, o estado de Sergipe tem apresentado um crescimento expressivo na produção de milho, especialmente nas regiões do Sertão e Agreste. Esse avanço resulta da incorporação de novas tecnologias, incluindo a adoção de práticas de manejo mais eficientes e o uso de cultivares com alto potencial de adaptação às condições locais (Barros *et al.*, 2015). Conforme destacado por Silva *et al.* (2021), observa-se a relevância do melhoramento genético para a evolução da cultura do milho.

A seleção de características secundárias tem se mostrado uma estratégia eficiente na identificação de híbridos de milho, especialmente em ambientes desafiadores como o semiárido. Pesquisas realizadas por Silveira (2021) e Oliveira (2021), indicam que características como o florescimento feminino e masculino são determinantes na seleção indireta de genótipos com maiores rendimentos de grãos. Essas evidências ressaltam a relevância da análise de características secundárias para o desenvolvimento de cultivares de milho com maior estabilidade e rendimento

para recomendação aos produtores da região semiárida e início de um programa de melhoramento de plantas adaptados às condições adversas do semiárido.

Diante do exposto, análise de correlação entre variáveis agronômicas na cultura do milho, é fundamental para compreender as inter-relações que influenciam a produtividade e orientar programas de melhoramento genético. Há evidências de que características como altura de planta e altura de espiga apresentam correlação positiva significativa, indicando que plantas mais altas tendem a possuir espigas inseridas em maior altura (Santos *et al.*, 2024).

O estudo da correlação entre as variáveis possibilita a otimização da seleção de híbridos adaptados ao semiárido, contribuindo para um melhor aproveitamento dos recursos naturais e maior sustentabilidade da produção (Carvalho *et al.*, 2004). Essas informações são fundamentais para direcionar programas de melhoramento genético e práticas de manejo adequadas, visando aumentar a eficiência produtiva para a seleção de híbridos superiores no semiárido. O estudo teve como objetivo analisar as variáveis morfológicas e produtivas, para compreender a correlação entre variáveis auxiliando na identificação de híbridos superiores para programas de melhoramento genético.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, localizada no município de Nossa Senhora da Glória, SE (10°13'06" S, 37°25'13"), durante a safra de 2022. A região apresenta clima classificado como 'As' segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013), caracterizado por um ambiente tropical com temperaturas elevadas e condições áridas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com duas repetições, abrangendo 24 tratamentos, sendo 24 híbridos comerciais, adaptados à região. Cada parcela consistiu em duas linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,70 m entre as linhas chegando a uma população de 71.428,57 plantas ha⁻¹.

2.2 Características avaliadas

No presente estudo, foram avaliadas características morfológicas, fenológicas e pós-colheita, para consequente análises de dados. Esses parâmetros são essenciais para a compreensão do desempenho agrônômico dos híbridos avaliados no semiárido sergipano (Tabela 1.)

Tabela 1 - Apresentação das variáveis análises no experimento.

Abreviatura	Variável	Unidade
Características morfológicas		
AP	Altura de planta ¹	M
AE	Altura de espiga ¹	M
Características fenológicas		
FFD	Florescimento feminino ²	Dias
FMD	Florescimento masculino ²	Dias
IF	Intervalo de florescimento ²	Dias
Características pós-colheita		
NEP	Número de espigas por parcela ¹	Unidade
NGF	Número de grãos por fileira ¹	Unidade
CE	Comprimento de espiga ¹	Cm
DE	Diâmetro de espiga ¹	Cm
PE	Peso de espiga	Kg
PGT	Peso de grãos total	Kg
PG	Produtividade de grãos a 13% de umidade	Kg ha ⁻¹

¹Resultados considerando a média de cinco plantas por parcela; ²unidade de expressão considerando dias após o plantio; m: metros; cm: centímetros; kg: quilogramas; ha⁻¹: hectare.

Fonte: Santos *et al.* (2025).

2.1.3 Análise estatística

Os dados referentes as variáveis analisadas foram submetidas a análise de variância (ANAVA), para verificação de variabilidade entre os genótipos nas variáveis analisadas. Em seguida, foi feita análise de correlação pearson. Para tanto, utilizou-se o programa software R (R Core Team, 2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas entre os genótipos para a maioria das características avaliadas, indicando a existência de variabilidade genética entre os tratamentos. Estes resultados indicam que tais características são influenciadas pelo ambiente, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo da ANAVA para as características avaliadas.

FV	GL	QM					
		AP	AE	FMD	FFD	IF	CE
GEN	23	7853333***	6764774**	119094***	138225***	26377***	29456*
BLOCO	1	216.75*	1171875*	40,833	0.3333	20833**	161008***
Resíduo	23	2,516,196	1,439,701	20833**	25,942	0.7355	24,526
CV (%)		7.73	11.08	2.35	2.59	93.56	10.44

FV	GL	QM					
		DE	NGF	NEP	PE	PG	PGT
GEN	23	0.187***	244,574**	904,203	0.9563***	10024**	0.3977***
BLOCO	1	0.1764**	946,408**	60.75**	4344***	65780***	16421***
Resíduo	23	0.0679	151,469	220,543	0.3465	59229	0.1404
CV (%)		6.14	12.48	21.76	27.96	24.79	29.96

FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; GEN: Genótipos; CV: Coeficiente de variação; ***, **, * Significativo a 0,001, 0,01 e 0,05 de significância pelo teste F de probabilidade.

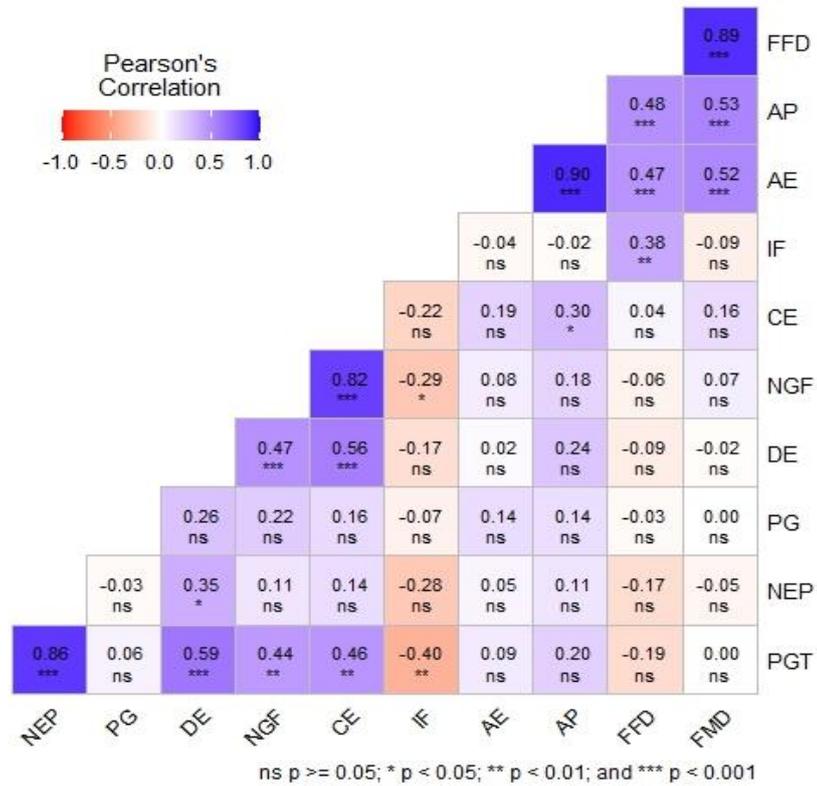
Fonte: Santos *et al.* (2025).

As características avaliadas no estudo, apresentaram efeito significativo para os genótipos, com destaque para AP, AE, FMD, FFD, IF e CE, que mostraram níveis que foram altamente significativos ($p < 0,001$). Isso sugere que há potencial para a seleção de genótipos superiores quanto a esses atributos (Barbosa *et al.*, 2016).

Os genótipos apresentaram diferenças significativas para as características DE, NGF, PE e PG. O PGT o que evidenciou variação na produtividade entre os genótipos, destacando o desempenho individual, e a variabilidade genética entre os materiais, esses resultados corroboram com os resultados de Ferreira *et al.* (2021). Em contraste, a variável NEP não mostrou diferenças significativas, sugerindo baixa variabilidade genética para essa característica no conjunto avaliado. O coeficiente de variação (CV) variou de 6,14% para DE a 29,96% para PGT, com as características relacionadas à produtividade apresentando maior variação, o que pode refletir a influência do ambiente nessas variáveis.

A matriz de correlação de Pearson (Figura 1), evidencia a relação entre diferentes características avaliadas no experimento. Os valores de correlação variam de -1 a 1, sendo que correlações próximas de 1 indicam uma forte associação positiva, enquanto valores próximos de -1 apontam para uma correlação negativa (Carvalho *et al.*, 2004; Dias *et al.*, 2018). A intensidade da correlação entre as características pode ser categorizada da seguinte maneira: nula ($r = 0$), fraca ($0 < r < 0,3$), média ($0,30 < r < 0,60$), forte ($0,60 < r < 0,90$), muito forte ($0,90 < r < 1$) e perfeita ($r = 1$).

Figura 1 – Gráfico de correlação para as variáveis utilizadas.



Fonte: Santos *et al.* (2025).

Observa-se que a AP e a AE possuem uma correlação positiva e significativa (0,90), sugerindo que cultivares com maior porte tendem a apresentar espigas posicionadas em maior altura, corroborando com o estudo de Santos *et al.* (2024). Além disso, a correlação entre FMD e FFD também é altamente positiva (0,89), o que indica que genótipos que florescem mais cedo no componente masculino tendem a ter um florescimento feminino igualmente precoce.

As características associadas à produtividade, apresentam correlações relevantes. O NEP apresentou uma forte correlação positiva com o PGT (0,86), sugerindo que plantas com maior número de espigas, tendem a ter maior peso total de grãos. Da mesma forma, o NGF apresentou uma correlação significativa com CE (0,82), indicando que espigas mais longas tendem a apresentar mais grãos por fileira, o que pode impactar diretamente na produtividade final. Os efeitos diretos sobre a produtividade de ordem decrescente de magnitude foram encontrados por Ferreira *et al.* (2021) e Barros *et al.* (2016)

Foi observada uma correlação negativa entre IF e AE (-0,40), indicando que cultivares mais precoces tendem a posicionar suas espigas em alturas inferiores, o que pode contribuir para maior resistência ao acamamento. Dito posto, a AE não deve ser excessiva em relação ao solo, pois essa

diferença pode comprometer o equilíbrio da planta, levando ao acamamento e à redução da produtividade (Kappes *et al.*, 2011).

Algumas correlações foram de baixa magnitude e não significativas, como a relação entre PG e NEP (-0,03). Da mesma forma, AE e CE apresentaram uma correlação fraca (0,08), indicando que essas características podem ser influenciadas por fatores distintos, Barros *et al.* (2016) encontraram resultados semelhantes a este estudo. A análise de correlação contribui para a identificação de relações entre características agronômicas, auxiliando na seleção de genótipos mais adaptados à região semiárida de Sergipe.

4 CONCLUSÃO

A relação entre NGF e CE indica que espigas mais longas tendem a apresentar maior número de grãos por fileira, o que pode impactar positivamente para o aumento no rendimento.

A forte relação entre AP e AE, bem como entre os componentes do florescimento, demonstra a consistência do comportamento fenotípico dos híbridos avaliados, auxiliando na escolha de cultivares mais adequadas ao semiárido.

A identificação de correlações negativas, entre IF e AE, destaca fatores que podem influenciar a estabilidade e resistência dos cultivares, contribuindo para estratégias de melhoramento genético na região

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos à Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido (GEMS), ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido).

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

BARBOSA, M. H.; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; OLIVOTO, T.; DE SOUZA, V. Q. Efeitos fenotípicos e dissimilaridade genética em milho. *Tecnol. & Ciên. Agropec*, v.10, n.2, p.39-44, 2016.

BARROS, I. de.; PACHECO, E. P.; CARVALHO, H. W. L. de.; CINTRA, F. L.D.; SILVA, M. L. da.; DANTAS, E. do. N.; SOARES, T. F. S. N. Desempenho da Cultura do Milho em Diferentes sistemas de Manejo de Solo nas Condições do Agreste Sergipano. Aracaju: Embrapa

Tabuleiros Costeiros, 2015. 24p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89).

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004, 142p.

CARVALHO, M.N.; SILVEIRA, E.S.; MENEZES, B. S.; OLIVEIRA, T. R. A.; OLIVEIRA, G. H. F. Caracterização e divergência genética de genótipos de milho com potencial forrageiro avaliados em região semiárida. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 6, p. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.36725/agries.v6i0.3659>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **"Conab estima safra de grãos acima de 328 milhões de toneladas."** Publicado em 13 de março de 2025. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos?utm_source=chatgpt.com

DA SILVA, D.F.; DE MELO GARCIA, P.H.; DE LIMA SANTOS, G.C.; DE FARIAS, I.M.S.C.; DE PÁDUA, G.V.G.; PEREIRA, P.H.B.; DA SILVA, F.E.; BATISTA, R.F.; NETO, S.G.; CABRAL, A.M.D. Morphological characteristics, genetic improvement and planting density of sorghum and corn crops: a review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 12310313172, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13172>

DIAS, K.O.D.G.; GEZAN, S.A.; GUIMARÃES, C.T.; NAZARIAN, A.; COSTA E SILVA, L.; PARENTONI, S.N.; OLIVEIRA GUIMARÃES, P.E.; ANONI, C.O.; PÁDUA, J.M.V.; PINTO, M.O.; NODA, R.W.; RIBEIRO, C.A.G.; MAGALHÃES, J.V.; GARCIA, A.A.F.; SOUZA, J.C.; MOREIRA GUIMARÃES, L.J.; PASTINA, M.M. Improving accuracies of genomic predictions for drought tolerance in maize by joint modeling of additive and dominance effects in multi-environment trials. **Heredity**, 121: 24-37, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41437-018-0053-6>

FERREIRA, L. L.; SILVA, R. S.; CARVALHO, I. R.; DE SÁ FERNANDES, M.; CARNEVALE, A. B.; BATISTA, P. F. Modelos multivariados aplicados ao comportamento de milho em semeio tardio. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 14, n.1, p.1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8144>

KAPPES, C. ANDRADE, J. A. C, AFR, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de planta. **Bragantia**, v.70, n.2, p.333-334, 2011.

OLIVEIRA, J. F. **Comportamento de híbridos de milho em competição com capim amargoso**. 2021. 26f. Monografia - Instituto Federal Goiano Urutaí, 2021.

R Core Team (2024). **_R: A Language and Environment for Statistical Computing_**. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. (Acessado em 20 de março de 2025). 2025.

SANTOS, J. F. S. S.; ARAGÃO, N. S. C.; SANTOS, B. N.; MARTINS, G. O.; BARRETO, M. S. R.; ARAGÃO, J. V. S.; SANTOS, M. R.; BRITO, M. E. B.; CORDEIRO JUNIOR, J. J. F.; OLIVEIRA, G. F. Análise de trilha na seleção de variáveis para genótipos de milho em região semiárida. *In*: I CONGRESSO NACIONAL DE AGRONOMIA. **Pesquisas Agronômicas**:

aspectos gerais e avanços tecnológicos. Wissen. 1. ed. Terezina: Piauí, 2024. P. 144-151. DOI: <https://doi.org/10.52832/wed.116.726>.

SILVA, A. F. D. **Desempenho agronômico de híbridos de milho no semiárido sergipano.** 2024. 26f. Monografia – Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2024.

SILVEIRA, E. S. **Caracterização morfológica e seleção de genótipos de milho para região semiárida.** 2021. 36f. Monografia – Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2021.

CAPÍTULO 5

INTEGRAÇÃO DE PCA E MGIDI NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO COM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS SUPERIORES EM CONDIÇÕES DE SEMIÁRIDO

Carla Nayara da Silva Lima   

Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, Brasil

Jacilene Francisca Souza Santos   

Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, Brasil

João Vitor de Santana Aragão   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE

Nartênia Susane Costa Aragão   

Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, Brasil

Barbara Nascimento Santos   

Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, Brasil

Mario Sergio Rodrigues Barreto   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE, Brasil

Mikaely Rosendo dos Santos   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE, Brasil

Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

José Jairo Florentino Cordeiro Junior   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Universidade Federal de Sergipe - Brasil

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Universidade Federal de Sergipe – Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.990 

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) é um dos cultivos mais importantes do Brasil, no entanto as mudanças climáticas desafiam sua produtividade. O melhoramento genético, aliado a técnicas estatísticas avançadas, auxilia na seleção de genótipos mais produtivos e adaptados. Avaliar a eficiência da integração entre Análise de Componentes Principais (PCA) e o Índice MGIDI para seleção de genótipos superiores. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe – Campus do Sertão, em 2023, utilizando delineamento em blocos casualizados com 55 genótipos e duas repetições. A PCA explicou 68,8% da variância, com PGT, NEP, EI e EF influenciando PC1, enquanto AE, PG, FF e AP destacaram-se no PC2. O MGIDI identificou genótipos próximos ao ideótipo, como TESTE 5 T60 e F1 (P8 x P9) T43. A integração PCA-MGIDI mostrou-se eficaz na seleção de genótipos superiores, combinando produtividade e adaptação. A integração PCA - MGIDI demonstrou ser uma alternativa eficiente na seleção de genótipos superiores. Destacando-se materiais como TESTE 5 T60, F1 (P8 x P9) T43, P3 T48, F1 (P3 x P10) T24, P8 T53, P10 T55, TESTE 2 T57 e P5 T50, que demonstraram potencial para serem incorporados em programas de melhoramento genético.

Palavras-chave: Análise multivariada. Dialelo. Melhoramento genético. *Zea mays* L..

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das mais relevantes do cenário agrícola brasileiro, desempenhando importante papel na segurança alimentar humana e animal, bem como na geração de renda para produtores rurais. No entanto, sua produtividade pode ser limitada por fatores ambientais, especialmente em regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, onde condições climáticas adversas e a escassez hídrica impõem desafios significativos ao cultivo (Araújo *et al.*, 2025; Bispo, 2022). Diante desses desafios, o melhoramento genético surge como uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento de genótipos adaptados a condições de estresse, capazes de garantir produtividade e sustentabilidade em ambientes desfavoráveis (Lamêgo *et al.*, 2022).

Em paralelo, o avanço de técnicas estatísticas multivariadas tem revolucionado a pesquisa agrícola, permitindo a análise integrada de múltiplas características agronômicas e a seleção mais precisa de genótipos superiores. A Análise de Componentes Principais (PCA), por exemplo, tem sido amplamente utilizada para reduzir a dimensionalidade de dados complexos, identificando as características mais relevantes para a seleção de genótipos (Riboli; Lindino, 2023). Já o Índice Multitrait Genotype-Ideotype Distance Index (MGIDI) possibilita a integração de diversas características em uma única métrica, facilitando a identificação de genótipos que se aproximam de um ideótipo ideal (Pallavi *et al.*, 2024; Resende *et al.*, 2014).

Nesse contexto, a integração dessas ferramentas estatísticas em experimentos de dialelo representa uma abordagem promissora para otimizar a seleção de genótipos de milho com características agronômicas superiores. Experimentos de dialelo permitem avaliar combinações genéticas e identificar genitores e híbridos com potencial para altas produtividades e adaptação a condições específicas (Amzeri, 2024). No entanto, a análise desses experimentos pode ser

complexa devido à grande quantidade de dados gerados, o que reforça a necessidade de métodos estatísticos robustos, como o PCA e o MGIDI, para simplificar e aprimorar o processo de seleção.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da integração da Análise de Componentes Principais (PCA) e do Índice MGIDI na identificação e seleção de genótipos de milho com características agronômicas superiores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da Área Experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Sergipe – Campos do Sertão, localizada no município de Nossa Senhora da Glória, no alto sertão sergipano, nas coordenadas 10°12'18" de latitude S, 37°19'39" de longitude W, durante o ano agrícola de 2023. A região é classificada, de acordo com a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil, como “As”, onde os verões são secos e as chuvas concentradas no “inverno”, com precipitação de 700 mm anual (Alvares *et al.*, 2013).

2.2. Material Vegetal

Foram utilizados 40 híbridos intervarietais, 10 genótipos parentais e 5 cultivares testemunha, totalizando 55 genótipos de milho como tratamentos. Selecionados com base em sua diversidade genética e adaptação às condições do semiárido, para compor o experimento em dialelo, visando avaliar o potencial de combinação entre eles e identificar características desejáveis para o melhoramento genético.

2.3. Implantação e Condução Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com duas repetições e 55 genótipos de milho como tratamento. Cada parcela experimental foi composta por duas linhas de quatro metros de comprimento, com espaçamento de 0,80 metros entre linhas e 0,20 metros entre plantas.

O preparo do solo na área experimental incluiu com uma aração seguida de duas gradagens, visando garantir uma adequada uniformidade e descompactação do terreno. O plantio foi realizado no dia seguinte à abertura dos sulcos, com a adubação de fundação aplicada no mesmo dia, utilizando a fórmula NPK (20-100-60), cuja dosagem foi definida com base na análise química do solo e nas exigências nutricionais da cultura. Além disso, foi realizada uma adubação de cobertura com 140 kg ha^{-1} de nitrogênio, aplicada no estágio fenológico V4, correspondente ao estágio de

quatro folhas completamente desenvolvidas, visando atender às demandas nutricionais da planta durante o seu crescimento.

As variáveis agronômicas foram avaliadas em dois momentos distintos: o primeiro durante o desenvolvimento vegetativo, com as plantas ainda em campo, e o segundo após a colheita dos materiais. As características analisadas estão detalhadas na Tabela 1, que apresenta as abreviaturas das variáveis, denominações e unidades de medida dos parâmetros mensurados ao longo do estudo.

Tabela 1. Lista de variáveis analisadas no experimento.

Variável	Abreviatura	Unidade
Características morfológicas		
Altura de planta ²	AP	M
Altura de espiga ²	AE	M
Características fenológicas		
Florescimento masculino ¹	FM	Dias
Florescimento feminino ¹	FF	Dias
Características pós-colheita		
Número de fileiras de grão por espiga ²	NFE	Unidade
Número de grãos por fileira ²	NGF	Cm
Número de espiga por planta ²	NEP	Unidade
Comprimento de espiga ²	CE	Cm
Diâmetro de espiga ²	DE	Cm
Peso total da espiga ³	PTE	Kg
Umidade dos grãos ³	UMI	%
Peso total dos grãos ³	PGT	Kg
Produtividade de grãos	PG	Kg ha ⁻¹

Nota: ¹ = unidade de expressão considerando dias após o plantio; ² = resultados considerando a média de cinco plantas em cada parcela; ³ = resultados considerando toda a parcela.

Fonte: Autores, 2025.

2.4 Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos a análises estatísticas utilizando o software R, por meio da interface RStudio. Inicialmente, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (PCA), para reduzir a dimensionalidade dos dados, facilitando a identificação das variáveis agronômicas mais relevantes para a discriminação dos genótipos. Em seguida, foi calculado o Índice Multitrait Genotype-Ideotype Distance Index (MGIDI), proposto por Olivoto e Nardino (2020), com a finalidade de selecionar genótipos superiores com base em múltiplas características simultaneamente.

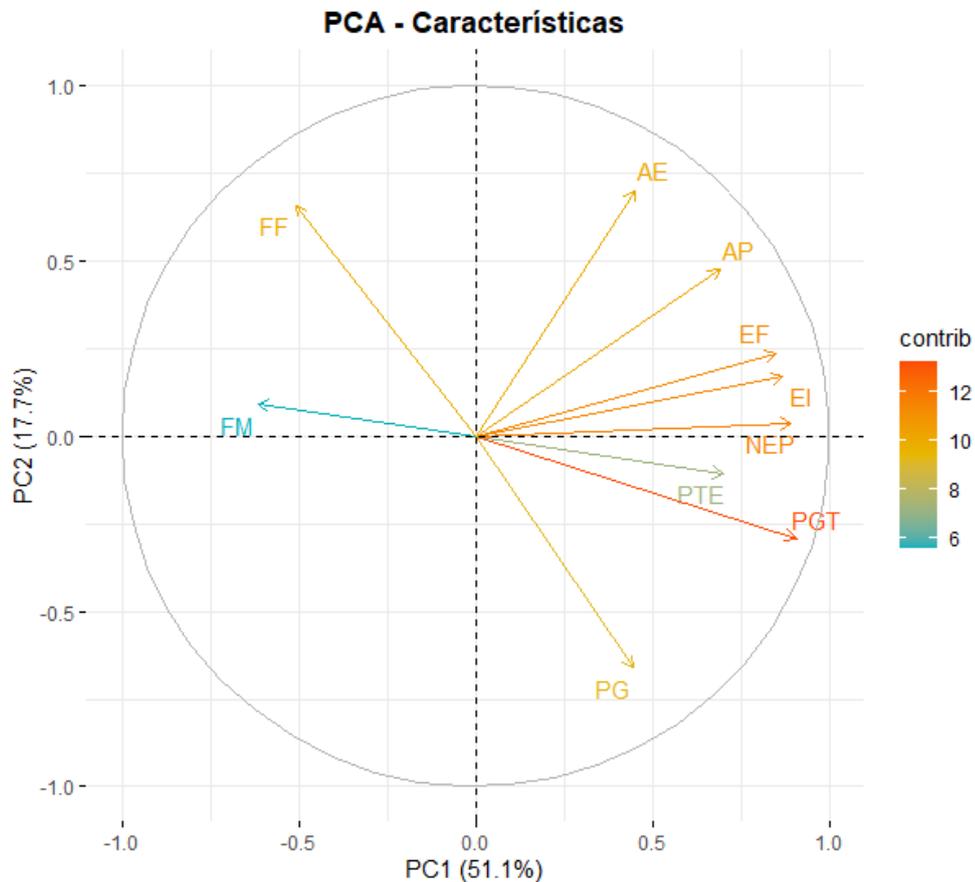
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) demonstraram que os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram, 51,1% e 17,7% da variância total dos dados, respectivamente, totalizando 68,8% da variabilidade acumulada. Esse percentual indica que

a maior parte das informações contida nos dados pode ser representada por esses dois eixos (Figura 1).

Para compreender a influência das variáveis na formação de cada componente, analisou-se a contribuição relativa de cada uma delas. No PC1, as variáveis que apresentaram maior contribuição foram PGT (16,12%), NEP (15,59%), EI (14,81%) e EF (14,17%). Essas variáveis são representadas pelas setas mais longas, indicando sua forte influência na composição do PC1 (Figura 1). Esses resultados reforçam que essas características estão associadas ao potencial produtivo da cultura e, em conjunto, permitem avaliar o sistema de produção. Resultado semelhante pode ser visto no estudo de Longo *et al.* (2024), que também identificou uma forte correlação entre o primeiro componente principal e parâmetros de produtividade.

Figura 1 – Análise de Componentes Principais das Características Avaliadas.



Nota: As setas representam a direção e magnitude das características nos componentes principais.

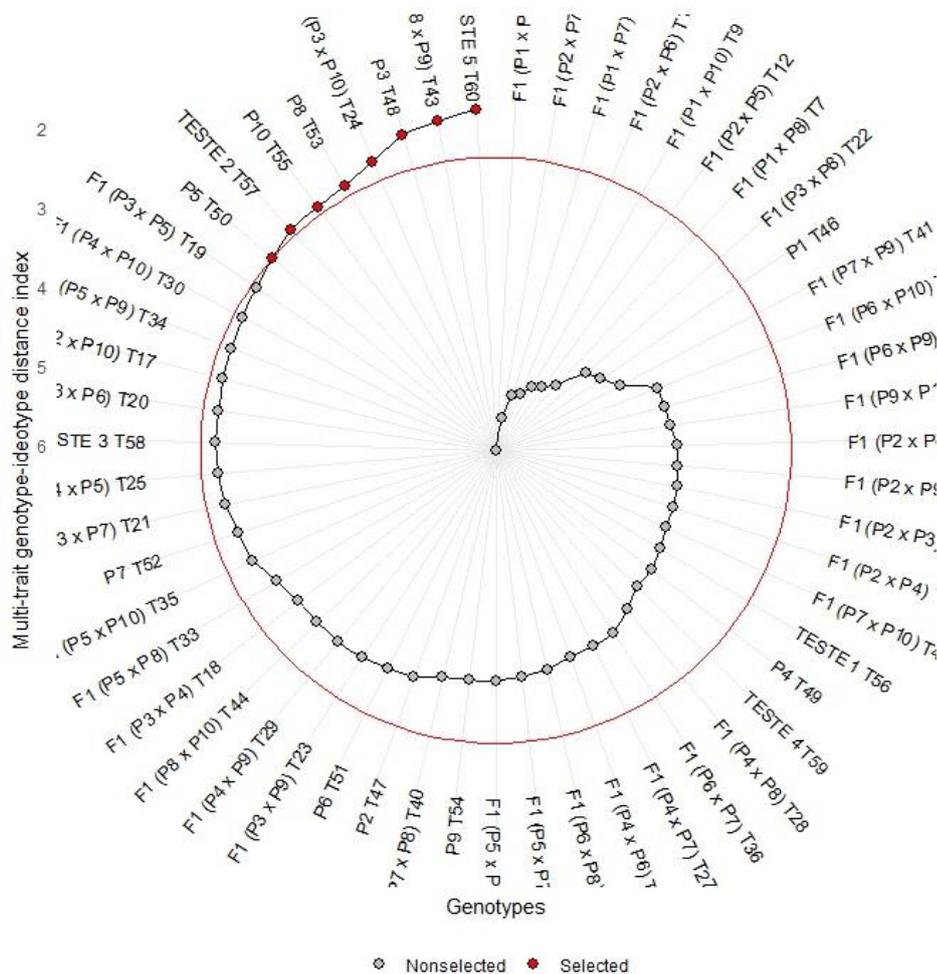
Fonte: Autores, 2025.

Por outro lado, no PC2, as variáveis que mais contribuíram foram AE (27,60%), PG (24,64%), FF (24,26%) e AP (12,73%), indicando que este comportamento está relacionado principalmente a aspectos de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas. A elevada Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

contribuição de AE e PG sugere que o PC2 reflete a eficiência fisiológicas e adaptativas das plantas às condições ambientais, conforme observado por Yue *et al.* (2021) em seu estudo.

A partir desses resultados, o Índice Multitrait Genotype-Ideotype Distance Index (MGIDI) foi aplicado para integrar as informações obtidas no PCA e reduzir a complexidade dos dados, selecionando genótipos que se aproximam do ideótipo desejado. O MGIDI foi calculado considerando uma intensidade de seleção de 15% e as contribuições relativas de cada variável nos PC1 e PC2, o que permitiu ponderar adequadamente as características agronômicas mais relevantes para a seleção, dando maior peso às variáveis que explicam a maior parte da variância nos dados (Figura 2). Essa abordagem foi particularmente eficaz para identificar genótipos que equilibram produtividade, desenvolvimento vegetativo e adaptação ambiental.

Figura 2– Índice Multitrait Genotype-Ideotype Distance (MGIDI) na seleção de genótipos de milho superiores.



Nota: Genótipos destacados em vermelho são os mais promissores.

Fonte: Autores, 2025.

Os genótipos com os menores valores de MGIDI foram considerados os mais próximos do ideótipo ideal, ou seja, aqueles que combinam alta produtividade, bom desenvolvimento vegetativo e adaptação às condições ambientais. Entre os genótipos avaliados, destacaram-se o TESTE 5 T60, F1 (P8 x P9) T43, P3 T48, F1 (P3 x P10) T24, P8 T53, P10 T55, TESTE 2 T57 e P5 T50 (Figura 2). Esses genótipos apresentam um equilíbrio favorável entre as características agronômicas analisadas, demonstrando potencial para serem recomendados em futuros programas de melhoramento genético.

4 CONCLUSÃO

A integração da Análise de Componentes Principais (PCA) e do Índice Multitrait Genotype-Ideotype Distance Index (MGIDI) demonstrou ser uma alternativa eficiente na identificação e seleção de genótipos de milho superiores. Destacando-se os genótipos TESTE 5 T60, F1 (P8 x P9) T43, P3 T48, F1 (P3 x P10) T24, P8 T53, P10 T55, TESTE 2 T57 e P5 T50, que podem ser recomendados para futuros programas de melhoramento genético.

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos à Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido), ao Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido (GEMS).

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. de M.; and SPAROVEK, Gerd. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. – **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507).
- AMZERI, A. *et al.* Combining ability analysis in maize diallel hybrid. **SABRAO J. Breed. Genet**, v. 56, n. 2, p. 476-492, 2024. DOI: 10.54910/sabrao2024.56.2.3. Disponível em: <https://sabraojournal.org/wp-content/uploads/2024/04/SABRAO-J-Breed-Genet-56-2-476-492-MS23-262.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- ARAÚJO, J. R. E. S.; SILVA, J. H. B. da; SOUZA JÚNIOR, S. L. de; SANTOS, J. P. de O. Dinâmica Interanual Da Produção De Milho Em Aroeiras/Pb, Brasil. **Vivências**, v. 21, n. 42, p. 345-356, 2025. DOI: [10.31512/vivencias.v21i42.1133](https://doi.org/10.31512/vivencias.v21i42.1133).
- BISPO, P. C. F. **Caracterização fenotípica de genótipos experimentais elite de milho em condições semiáridas de Sergipe**. Nossa Senhora da Glória: NEAS–Núcleo de Graduação de Agronomia–Engenharia Agrônômica, 2022. Disponível em:

https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16262/2/Paula_Cristina_Ferreira_Bispo.pdf. Acesso em: 21 mar. 2025.

LAMÊGO, D. L. *et al.* Compreensão da expressão gênica de características de interesse à adaptação de genótipos de milho-pipoca à seca via dialelo parcial. *In: Congresso Fluminense de Pós-Graduação-CONPG*, 2022. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/CONPG/article/view/20459/18046>. Acesso em: 21 mar. 2025.

LONG, Y.; ZENG, Y.; LIU, X.; YANG, Y. Multivariate analysis of grain yield and main agronomic traits in different maize hybrids grown in mountainous areas. *Agriculture*, v. 14, n. 10, p. 1703, 2024. DOI: 10.3390/agriculture14101703.

OLIVOTO, T.; NARDINO, M. MGIDI: toward an effective multivariate selection in biological experiments. *Bioinformática*, v. 37, n. 10, p. 1383-1389, 2021. DOI: 10.1093/bioinformatics/btaa981.

PALLAVI, M.; MARUTHI PRASAD, B. P.; SHANTHI, P.; REDDY, V. L. N.; NIRMAL KUMAR, A. R. Multi trait genotype-ideotype distance index (MGIDI) for early seedling vigour and yield related traits to identify elite lines in rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, v. 15, n. 1, p. 120–131, 2024. DOI: 10.37992/2024.1501.020.

RESENDE, M. A. V. de; FREITAS, J. A. de; LANZA, M. A.; RESENDE, M. D. V. de; AZEVEDO, C. F. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, p. 334–640, 2014. DOI: [10.1590/S1983-40632014000300006](https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000300006).

RIBOLI, S. A.; LINDINO, C. Análise de componentes principais (PCA) na discriminação de fontes de água potável. *Revista Tecnia*, v. 8, n. 2, 2023.

YUE, H. *et al.* A study on genotype-by-Environment interaction analysis for agronomic traits of maize genotypes across Huang-Huai-Hai region in China. *Phyton*, v. 91, n. 1, p. 57, 2021. DOI: 10.32604/phyton.2022.017308.

CAPÍTULO 6

IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE RESISTENTES A *Mahanarva spectabilis* (DISTANT, 1909), (HEMIPTERA: CERCOPIDAE): PRIMEIRO CICLO DE SELEÇÃO RECORRENTE

Victor Felipe S. Costa Neves   

Bolsista Iniciação Científica CNPq – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

Michelle Campagnani   

Pós-Doutorado – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora - MG

Everton Augusto Francisco Rosa   

Bolsista de Pesquisa de Melhoramento genético - Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

Thales Freires Mendonça   

Bolsista Iniciação Científica FAPEMIG – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

Juarez Campolina Machado   

Pesquisador – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

Alexander Machado Auad   

Pesquisador – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

DOI: 10.52832/wed.170.991 

Resumo: A ocorrência da cigarrinha-das-pastagens, *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae), representa um sério entrave ao cultivo de capim-elefante. Assim, objetivou-se avaliar a resistência de genótipos de capim-elefante [(*Cenchrus purpureum* (Schumach.) Morrone)] à cigarrinha-das-pastagens, *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909), pelo mecanismo de antibiose. Aos trinta dias após o plantio, cada planta foi infestada com dez ovos do inseto-praga em estágio próximo à eclosão. Utilizou-se o delineamento experimental blocos aumentados de Federer para a avaliação de 187 genótipos de capim-elefante. Cada vaso (300mL) recebeu dez ovos do inseto-praga em estágio pré-eclosão. Em seguida, esses vasos foram fechados com tampas plásticas contendo uma abertura circular ao redor do colmo da planta, o qual foi coberto com gaze, garantindo a contenção das ninfas. Quarenta dias após a eclosão das ninfas, foi determinada a porcentagem de sobrevivência do inseto-praga. Cento e doze genótipos (60%) apresentaram sobrevivência ninfal acima do limite estabelecido, sendo considerados suscetíveis. Adicionalmente, 17% dos genótipos avaliados (32) apresentaram sobrevivência ninfal entre 11% e 30%, sendo classificados como de resistência intermediária. Os 43 genótipos restantes (23%) apresentaram sobrevivência ninfal inferior a 10% e foram classificados como resistentes. Esses foram selecionados para compor a próxima geração no programa de melhoramento genético, via seleção recorrente.

Palavras-Chave: Cigarrinhas-das-pastagens, resistência de plantas, antibiose.

1 INTRODUÇÃO

O capim-elefante [(*Cenchrus purpureum* (Schumach) Morrone)] é uma das principais forrageiras utilizadas na alimentação animal em sistemas de produção de leite no Brasil. Reconhecido por sua elevada produtividade, é amplamente adotado na formação de capineiras, além de apresentar desempenho satisfatório sob manejo de pastejo rotativo (Martins *et al.*, 1993; Deresz; Mozzer, 1997). Recentemente, seu potencial também tem sido explorado na produção de bioenergia (Ferreira *et al.*, 2022). Entretanto, a ocorrência da cigarrinha-das-pastagens, *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae), representa um sério entrave ao cultivo dessa forrageira (Aquad *et al.*, 2024).

Embora a definição de uma forrageira ideal que seja resistente à principal praga das pastagens ainda represente um desafio, é sugerido o desenvolvimento de um ideótipo que combine mecanismos de antibiose (com substâncias que afetem negativamente a performance do inseto), e de tolerância, permitindo à planta suportar os danos causados pelos adultos (Gusmão *et al.*, 2013). Estudos anteriores (Aquad *et al.*, 2007; Aquad *et al.*, 2024) identificaram genótipos promissores de capim-elefante que promovem menor sobrevivência de *M. spectabilis*; entretanto, os níveis de sobrevivência da praga ainda permanecem elevados, demandando estratégias adicionais, como a inclusão de genes de resistência, por meio de seleção recorrente.

Nesse contexto, a seleção recorrente apresenta-se como uma ferramenta promissora para a obtenção de cultivares resistentes. Essa técnica consiste na identificação e cruzamento entre plantas com características desejáveis, seguido da avaliação e seleção de progênies ao longo de

ciclos sucessivos (Barnes *et al.*, 1988). Resultados positivos com essa abordagem já foram obtidos em programas de melhoramento de *Brachiaria* spp. (Miles, 2007; Resende *et al.*, 2024), embora sua aplicação ainda seja inédita no capim-elefante, considerando a resistência a cigarrinha-das-pastagens.

A introdução de resistência genética nas cultivares representa uma alternativa duradoura, sustentável e economicamente viável no manejo das cigarrinhas-das-pastagens. Dessa forma, a seleção recorrente destaca-se como uma estratégia essencial no melhoramento de capim-elefante, que irá contribuir para a estabilidade produtiva, considerando que estará atuando no principal problema biótico das áreas de produção, que são os danos ocasionados pelas cigarrinhas-das-pastagens. Dessa forma, objetivou-se identificar genótipos de capim-elefante resistentes a *M. spectabilis*, no primeiro ciclo de seleção recorrente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Uma população de capim-elefante, proveniente do Banco Ativo de Germoplasma, da Embrapa Gado de Leite, foi formada com o objetivo de identificar materiais genéticos com potencial para uso em sistema de capineira, silagem ou produção de bioenergia. As sementes dessa população foram semeadas em tubetes, totalizando 187 progênies/genótipos testadas quanto à resistência às ninfas da cigarrinha-das-pastagens, *M. spectabilis*. Como testemunhas utilizaram-se *Urochloa decumbens* (Stapf) RD Webster (susceptível) *Urochloa brizantha* [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf (resistente) e *C. purpureus* cultivar Roxo de Botucatu (susceptível).

No campo experimental da Embrapa Gado de Leite – Coronel Pacheco - MG foram coletados adultos de *M. spectabilis*, que foram transportados para o Laboratório de Entomologia da mesma Unidade, em Juiz de Fora – MG. Esses foram mantidos em gaiolas de acrílico para a obtenção de ovos, conforme metodologia descrita por Auad *et al.* (2024). Em seguida, os ovos foram transferidos para placas de Petri (9 cm de diâmetros) e mantidos em câmara climatizada (28 ± 2 °C, 14 horas de fotofase e umidade relativa de $70 \pm 10\%$) até atingirem o estágio próximo a eclosão das ninfas.

As plantas a serem testadas foram transplantadas dos tubetes para vasos com capacidade de 300 mL. Quando atingiram aproximadamente 30 cm de altura, as plantas tiveram suas raízes expostas para facilitar o acesso alimentar das ninfas. Cada vaso recebeu dez ovos do inseto-praga em estágio pré-eclosão. Em seguida, esses vasos foram fechados com tampas plásticas contendo uma abertura circular ao redor do colmo da planta, o qual foi coberto com gaze, garantindo a contenção das ninfas. Após 35 dias da deposição dos ovos foi realizada a contagem das ninfas sobreviventes, considerando os estádios do segundo ao quinto instares.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos aumentados de Federer, com os 187 genótipos capim- elefante, além do grupo controle, composto pelas testemunhas. O número de ninfas vivas presentes por vaso foi registrado para calcular a porcentagem de sobrevivência ninfal. As médias de cada genótipo foram analisadas considerando-se as testemunhas comuns como tratamentos regulares, conforme o delineamento utilizado.

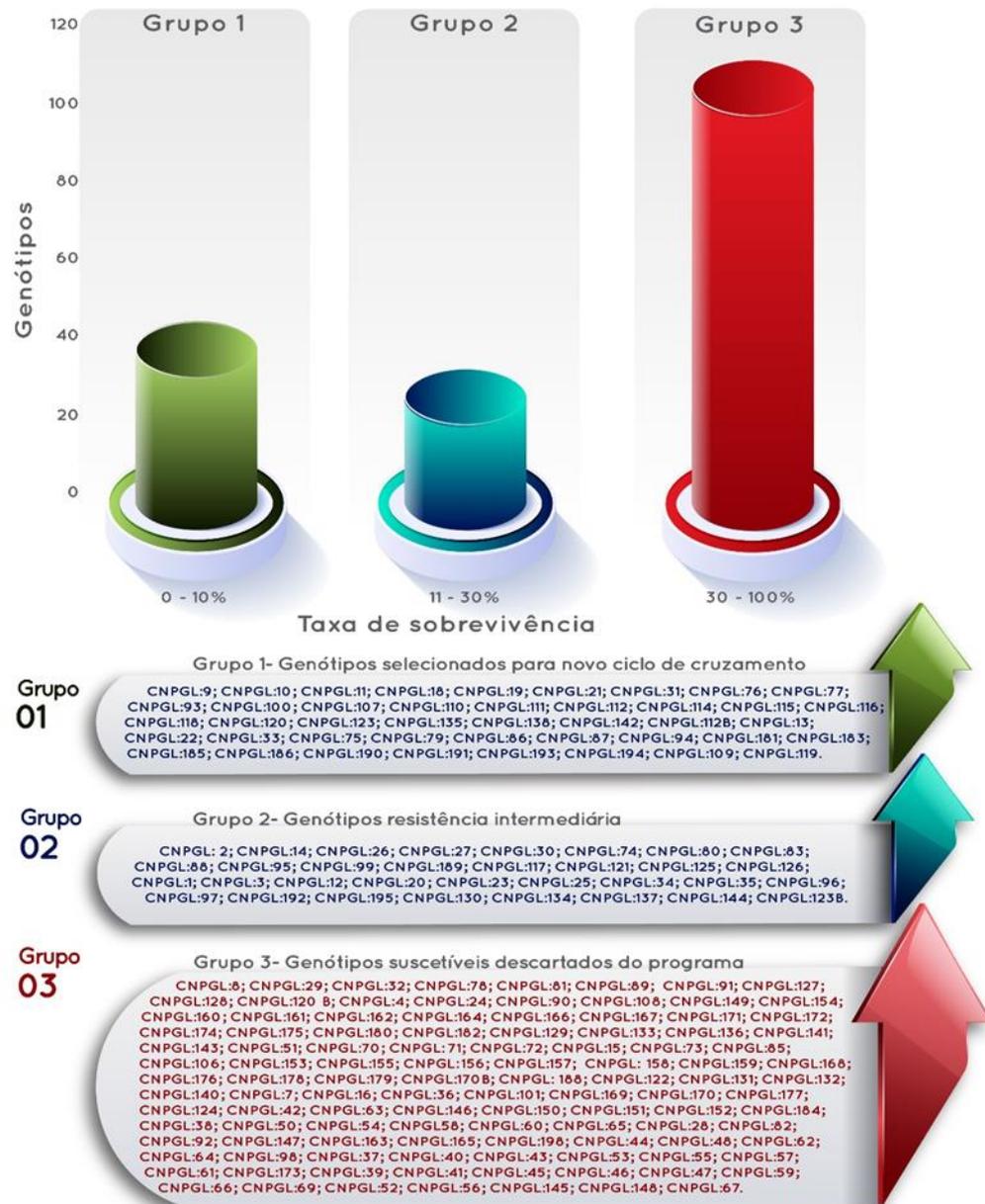
A partir dos dados ajustados, elaborou-se uma análise gráfica da frequência dos genótipos de acordo com a porcentagem de sobrevivência ninfal. Os genótipos foram agrupados em três classes: (i) genótipos resistentes, com sobrevivência ninfal igual ou inferior a 10%; (ii) genótipos com resistência intermediária, com sobrevivência entre 11% e 30%; e (iii) genótipos suscetíveis, com sobrevivência superior a 31%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência ninfal de *M. spectabilis* variou entre 0 e 100%, evidenciando ampla variabilidade genética entre os genótipos de capim-elefante quanto à suscetibilidade e resistência ao ataque desse inseto-praga. Estudos anteriores (Auad *et al.*, 2007 e Auad *et al.*, 2024) também demonstram a existência dessa variabilidade genética no capim-elefante em relação à resistência as cigarrinhas-das-pastagens.

Especificamente, 23% dos genótipos avaliados apresentaram características associadas à resistência ao inseto, por terem promovido sobrevivência ninfal abaixo de 10%. Esses resultados indicam que a maioria da população avaliada é suscetível à cigarrinha-das-pastagens, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Sobrevivência média ninfal (%) de *M. spectabilis* em 187 genótipos de capim-elefante e distribuição de frequência dos genótipos testados (%) com sobrevivência ninfal de 0 a 10% (Resistentes); 11 a 30% (Resistência intermediária) e acima de 31%.



Fonte: Autores, 2025.

A introdução de novos genótipos representa uma alternativa promissora para identificar fontes adicionais de resistência. No entanto, embora essa abordagem seja recomendada, seus resultados são de longo prazo, uma vez que envolvem a importação de materiais genéticos, estabelecimento inicial, multiplicação no banco de germoplasma e posterior caracterização genética antes da utilização em programas de melhoramento (Jank *et al.*, 2014). No médio prazo, a utilização dos recursos genéticos já disponíveis no banco de germoplasma representa uma estratégia mais

viável e eficiente. Assim, por se tratar do primeiro ciclo de seleção recorrente, adotou-se como critério de resistência a sobrevivência ninfal máxima de 10%; um valor mais restritivo que o estabelecido por Cardona *et al.* (1999), que consideram genótipos resistentes aqueles com sobrevivência inferior a 30%.

Adicionalmente, 17% dos genótipos avaliados apresentaram sobrevivência ninfal entre 11% e 30%, sendo classificados como de resistência intermediária. Embora esses materiais não sejam ideais para regiões com histórico de alta infestação da cigarrinha-das-pastagens, podem ser valiosos em programas de melhoramento. Caso apresentem características agronômicas desejáveis, recomenda-se que sejam utilizados em cruzamentos com genótipos altamente resistentes (sobrevivência < 10%), com o objetivo de acumular alelos favoráveis e elevar o nível de resistência em ciclos subsequentes de seleção.

A maioria dos genótipos avaliados, 60% apresentou sobrevivência ninfal superior a 30%, indicando suscetibilidade ao ataque do inseto-praga. Essa suscetibilidade pode comprometer significativamente produtividade e a persistência dessa forrageira em sistemas de produção animal. Resultados semelhantes foram observados por Alvarenga *et al.* (2017), Auad *et al.* (2007) corroborando os achados deste estudo. Esses genótipos, portanto, não serão incluídos no próximo ciclo de seleção recorrente do programa de melhoramento genético de capim-elefante.

É importante destacar que, por meio de ciclos sucessivos de seleção recorrente, é possível acumular alelos favoráveis à resistência, promovendo a identificação e o cruzamento de plantas com características desejáveis (Valle *et al.*, 2009). Resultados promissores têm sido obtidos com outras gramíneas forrageiras. Em *Urochloa ruziziensis* (R.Germ.; C.M.Evrard) Crins (sin. *Brachiaria ruziziensis*; Poaceae), por exemplo, após 16 ciclos de seleção recorrente, a sobrevivência ninfal de *M. spectabilis* foi reduzida de 63% para 32,8% (Resende *et al.*, 2024). Estudos da Embrapa também demonstraram que a seleção recorrente é eficaz na obtenção de populações mais resistentes às cigarrinhas-das-pastagens, com impactos positivos na produtividade e no vigor das plantas (Souza Sobrinho *et al.*, 2010).

Espera-se que, por meio do intercruzamento daqueles selecionados, por terem apresentado sobrevivência ninfal abaixo de 10%, novas populações melhoradas sejam constituídas a cada ciclo de seleção. Com o aumento gradual da frequência de alelos associados à resistência, a identificação de plantas com menor suscetibilidade à *M. spectabilis* tende a se tornar mais eficiente. Além disso, a seleção recorrente é uma estratégia dinâmica, permitindo o uso contínuo das plantas selecionadas como genitores em cruzamentos. Essa abordagem visa desenvolver cultivares que aliem resistência à cigarrinha-das-pastagens a características agronômicas desejáveis, como alta produção de forragem ou biomassa para bioenergia. O sucesso do uso dessa metodologia foi demonstrado em

programas de melhoramento de *U. ruziziensis* contra cigarrinhas-das-pastagens, como relatado por Miles *et al.* (2006), Souza Sobrinho *et al.* (2010) e Resende *et al.* (2024).

4 CONCLUSÃO

Recomenda-se a continuidade do programa de seleção recorrente, utilizando como progenitores os genótipos que apresentaram sobrevivência ninfal inferior a 10%, para reduzir progressivamente a sobrevivência de *M. spectabilis* a cada ciclo de cruzamento e, conseqüentemente obter uma cultivar de capim-elefante com resistência efetiva a esse inseto-praga.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Processo 307956/2023-7) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Processo APQ 03630/23).

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. A. A.; *et al.* Resistência de genótipos de gramíneas forrageiras às cigarrinhas-das-pastagens. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 447–452, 2017.
- AUAD, A. M., *et al.* Seleção de genótipos de capim-elefante quanto à resistência à cigarrinha-das-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1077-1081, 2007.
- AUAD, A. M., *et al.* Lack of antibiosis against *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae) in *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone germplasm. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 24, n.4: e505824413, 2024.
- BARNES, D. K.; GOPLEN, B. P.; BAYLOR, J. E. Highlights in the USA and Canada. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. (Ed.). **Alfalfa and Alfalfa Improvement**. Madison, WI: American Society of Agronomy, 1988.
- CARDONA, C.; MILES, J. W.; SOTELO, G. Uma metodologia melhorada para triagem massiva de genótipos de *Brachiaria* spp. para resistência a *Aeneolamia varia* (Homoptera: Cercopidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 92, n. 2, p. 490-496, 1999.
- DERESZ, F.; MOZZER, O. L. Produção de leite em pastagem de capim-elefante. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. (Org.). **Capim-elefante: produção e utilização**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI, p. 155-172. 1997.
- FERREIRA, F. M.; *et al.* **Bioenergy elephant grass genotype selection leveraged by spatial modeling of conventional and high-throughput phenotyping data**. *Journal Of Cleaner Production*, v. 363, p. 132286, 2022.
- GUSMÃO, R. G.; VALÉRIO, J. R.; AUAD, A. M. Ideótipo de gramíneas resistentes às cigarrinhas das pastagens (Hemiptera: Cercopidae). In: SOUZA, F. H. D.; MATTA, F. P.;

FÁVERO, A. P. (Ed.). **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília: Embrapa, p. 151-173. 2013.

JANK, L.; *et al.* **O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil**. In: Simpósio Sobre Manejo Da Pastagem, 31., 2014, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, p. 1–36. 2014.

MARTINS, C. E.; DERESZ, F.; MATOS, L. L. Produção intensiva de leite em pasto de capim-elefante. **Informações Agronômicas**, v. 62, p. 1-4, 1993.

MILES, J. W. **Recurrent selection for specific combining ability in a synthetic *Brachiaria* breeding population**. In: Proceedings of the 22nd International Grassland Congress, 2007.

MILES, J. W.; MAASS, B. L.; DOYLE, J. J. Recent advances in the genetic improvement of *Brachiaria* and *Panicum* grasses. **Field Crops Research**, v. 98, n. 1, p. 19–24, 2006.

RESENDE, T. T., *et al.* Sixteen years of recurrent selection of ruzi grass for resistance to spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). **Agronomy**, v.14, n.7, 2024.

SILVA, C. C. S. **Viabilidade técnica e econômica na produção de biomassa seca do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e a interação biochar (biocarvão) e nitrogênio, para fins energéticos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

SOUZA SOBRINHO, F.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. **Avaliação de genótipos de *Brachiaria* spp. resistentes a cigarrinhas-das-pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, (Documentos 190). 2010.

VALLE, C. B., EUCLIDES, V. P. B., MACEDO, M. C. M. Os desafios da pecuária sustentável e o papel da pesquisa com forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 8–15, 2009.

CAPÍTULO 7

SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO POR MEIO DO ÍNDICE FAI-BLUP PARA REGIÃO SEMIÁRIDA

Nartênia Susane Costa Aragão   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Barbara Nascimento Santos   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Carla Nayara da Silva Lima   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Jacilene Francisca Souza Santos   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

João Vitor Santana Aragão   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Mikaely Rosendo dos Santos   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Mario Sergio Rodrigues Barreto   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

José Jairo Florentino Cordeiro Júnior   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.992 

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande importância global, desempenhando um papel vital na alimentação humana, na produção de ração animal e na indústria de biocombustíveis. No entanto, na região Semiárida, ainda há escassez de informações sobre o desempenho agronômico de híbridos de milho disponíveis no mercado e adaptados para esse ambiente. Objetivou-se selecionar cultivares de milho com potencial produtivo para a região Semiárida, utilizando o índice FAI-BLUP. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa - Semiárido, em Nossa Senhora da Glória – SE, em delineamento de blocos casualizados com duas repetições, avaliando 24 genótipos. Foram analisadas características de produtividade e morfológicas. Os dados foram submetidos a análise de variância e ao índice seleção de análise fatorial e distância genótipo-ideótipo (FAI-BLUP). A variância acumulada pelos dois primeiros componentes principais foi de 82,65%, representando a maior parte da variabilidade explicada. Agrupando as características em fatores relacionados à estrutura (primeiro fator) e à produtividade (segundo fator). O índice FAI-BLUP selecionou os genótipos PF 7031, HTC 795, Capo, BRS 2022 e HTC 717 como os materiais mais próximos do ideótipo para a região Semiárida.

Palavras-chave: Análise fatorial. Melhoramento genético. Produtividade. Semiárido. Varimax.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande importância global, desempenhando um papel vital na alimentação humana, na produção de ração animal e na indústria de biocombustíveis (Taveira *et al.*, 2021). Esta gramínea, possui metabolismo fotossintético C4, proporcionando melhor eficiência no uso da radiação solar, é devida a concentração de CO₂ nas folhas, possibilitando continuar seu desempenho ainda que em elevadas temperaturas e déficit hídrico (Ceccon 2019; Silva *et al.*, 2024).

No Brasil, o cultivo de milho ocorre em diferentes épocas ao longo do ano. A primeira safra é semeada no verão, a segunda no inverno, e a terceira, safra mais tardia, mais comum nos estados de Sergipe, Alagoas e a Bahia, ocorre entre os meses de maio a junho na região Nordeste (Artuzo *et al.*, 2019; Pereira-Filho e Borgi, 2023).

O milho é amplamente cultivado em todo o semiárido nordestino, sendo a principal cultura de importância cultural e socioeconômica da região. No entanto, as adversidades climáticas impõem desafios significativos, dificultando atingir seu potencial produtivo. Em Sergipe, a produção de milho enfrenta obstáculos adicionais devido aos períodos prolongados de seca e às altas temperaturas, fatores que afetam diretamente a produtividade (Lopes, Dantas e Ferreira, 2020).

Dentro desse cenário, nos programas de melhoramento genético, a identificação e seleção de genótipos superiores por meio de uma rede de ensaios, submetendo esses materiais às condições da região, tem sido uma abordagem fundamental. Essa estratégia visa encontrar o genótipo ideal para disponibilizar aos produtores, garantindo maior adaptação e produtividade no cultivo regional (Carvalho, 2018).

Os melhoristas trabalham com a concepção de um ideótipo que integra múltiplas características agronômicas desejáveis, orientando a identificação de materiais com alto desempenho. Neste contexto, os índices de seleção têm sido amplamente utilizados em programas de melhoramento, permitindo a seleção simultânea de genótipos superiores e a otimização de diversas características (Rocha; Machado; Carvalho, 2018; Almeida *et al.*, 2021). Entre os índices de seleção, destaca-se o índice de seleção de análise fatorial e distância genótipo-ideótipo (FAI-BLUP) (Rocha; Machado; Carvalho, 2018), que combina análise fatorial e genótipo-ideótipo para a seleção simultânea de múltiplas características (Costa *et al.*, 2023).

Pesquisas com a cultura do milho voltadas para a região Semiárida têm sido cada vez mais frequentes, com contribuições de autores como Carvalho (2020) e Silveira *et al.* (2022). Nesse contexto, os trabalhos desenvolvidos pelo GEMS na região desempenham um papel crucial ao fornecer suporte técnico-científico aos produtores e disponibilizar cultivares de milho mais adaptadas às condições locais. Essa iniciativa não apenas impulsiona a produtividade agrícola, mas também contribui diretamente para o desenvolvimento econômico regional. Diante disso, este estudo teve como objetivo selecionar cultivares de milho com potencial produtivo para a região Semiárida, utilizando o índice FAI-BLUP.

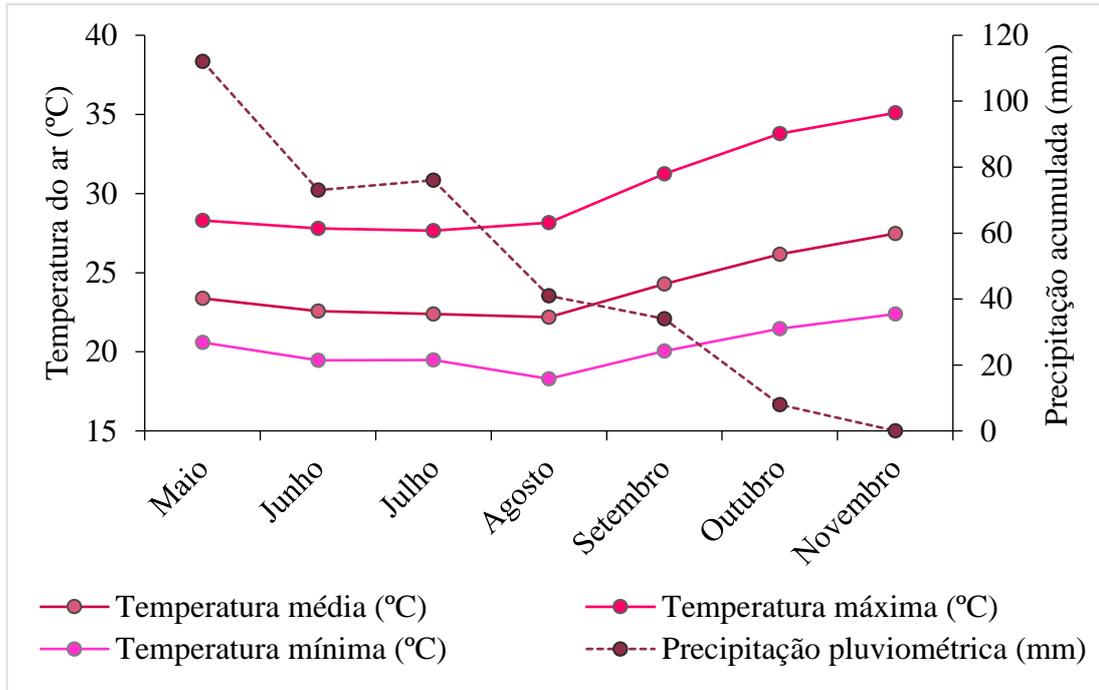
2 MATEIRAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente sequeiro na Fazenda Experimental da Embrapa - Semiárido, em Nossa Senhora da Glória - SE (10°13'06" S 37°25'13"). Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é 'As', que descreve um ambiente tropical com condições quentes e áridas (Alvares *et al.*, 2013).

Durante a condução do experimento, a temperatura máxima do ar foi de 33,78 °C, a temperatura mínima de 18,29 °C e uma precipitação acumulada de 344 mm (Figura 1).

Figura 1 – Temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) e precipitação pluviométrica mensal (mm), obtidos pela estação agrometeorológica da Fazenda Experimental da Embrapa - Semiárido, Nossa Senhora da Glória - SE.



Fonte: Autores, 2025.

2.2 Material genético e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com duas repetições, considerando 24 genótipos de milho. As parcelas foram constituídas por duas linhas de cinco metros, onde as plantas ficaram distribuídas com espaçamento de 0,2 x 0,7 m, chegando a uma população de 71.428,57 plantas ha⁻¹.

2.3 Características avaliadas

Avaliou-se: i) Altura da espiga (AE, m): média de cinco plantas aleatórias da parcela, aferido do nível do solo até a inserção da espiga principal; ii) Altura de planta (AP, m): altura média de cinco plantas aleatórias da parcela, aferido do nível do solo até a inserção da folha bandeira; iii) Florescimento masculino (FM, dias): contado a partir da data do plantio até 50% das plantas da parcela liberaram pólen; iv) Florescimento feminino (FF, dias): contado a partir da data do plantio até 50% das plantas da parcela expressaram estilo-estigmas; v) Posição relativa da espiga (PRE, m): obtida pela relação da altura da espiga pela altura de planta; vi) Número de espigas por parcela (NEP): contagem total de espigas da parcela; vii) Peso de Espiga (PE, kg): peso de todas as espigas da parcela; e viii) Peso de grãos total (PGT, kg): peso de grãos total da parcela após debulha.

2.4 Análises estatísticas

Os dados referentes as variáveis analisadas foram submetidas a análise de variância, para verificar a significância dos genótipos. Posteriormente, os dados foram submetidos ao índice de seleção FAI-BLUP. Para tanto, utilizou-se o pacote Metan (Olivoto; Lucio, 2020), todas as análises foram realizadas por meio do *software* estatístico R (R Core, 2023). Os ideótipos das características foram definidos com base no desejável e indesejável, de acordo com o objetivo de seleção. A Tabela 1 apresenta o design do ideótipo utilizado para o índice FAI-BLUP neste estudo.

Tabela 1 - Ideótipos para milho baseados na combinação de características agronômicas desejáveis e indesejáveis, conforme o objetivo da seleção.

Ideótipo	Características avaliadas						
	NEP	PE	PGT	FM	FF	AE	PRE
Desejável	máx.	máx.	máx.	min.	min.	min.	min.
Indesejável	min.	min.	min.	máx.	máx.	máx.	máx.

NEP = número de espigas na parcela; PE = peso de espiga; PGT = peso de grãos total na parcela (kg); FM = florescimento masculino; FF = florescimento feminino; AE = altura da espiga (cm); PRE = posição relativa da espiga.

Fonte: Autores, 2025.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de variância

A análise de variância revelou diferenças significativas entre os genótipos para as características avaliadas, evidenciando que há variabilidade entre os mesmos (Tabela 2). Esses resultados indicam o sucesso na seleção de genótipo.

Tabela 2 – Resumo da ANAVA para as características que foram avaliadas no experimento em campo, em Nossa Senhora da Glória, Sergipe.

FV	GL	QM							
		AP	AE	PRE	FF	FM	NEP	PE	PGT
Genótipo	23	0,0785**	0,0676**	0,0045**	13,8225**	11,9094**	90,42**	0,9563**	0,3977**
Bloco	1	0,0216 ^{ns}	0,0117 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,3333 ^{ns}	4,0833 ^{ns}	60,75 ^{ns}	4,344**	16,421**
Resíduo	23	0,0251	0,0143	0,001	2,5942	2,0833	22,054	0,3465	0,1404
CV (%)		7,73	11,08	6,14	2,59	2,35	21,76	27,96	29,96

NEP = número de espigas na parcela; PE = peso de espiga; PGT = peso de grãos total na parcela (kg); FM = florescimento masculino; FF = florescimento feminino; AE = altura da espiga (cm); PRE = posição relativa da espiga.

Fonte: Autores, 2025.

3.2 Análises fatorial exploratória

Na Tabela 3, apresentam-se as estimativas dos autovalores, a variância acumulada e as cargas fatoriais após a rotação Varimax. Observa-se que apenas os dois primeiros componentes principais apresentaram autovalores superiores a um, levando à transformação dos dados em dois fatores, conforme os critérios estabelecidos por Kaiser (1958).

Tabela 3 – Estimativas de autovalores, proporção de variância acumulada por análise de componentes principais e cargas fatoriais após rotação Varimax das variáveis que foram avaliadas no experimento em campo, situado na Embrapa – Semiárido, Nossa Senhora da Glória, Sergipe.

Variável	Fator		Comunalidades
	Estrutura	Produtivo	
NEP	0,05	-0,93	0,87
PE	0,04	-0,97	0,95
PGT	0,00	-0,96	0,93
AP	-0,92	-0,10	0,86
AE	-0,94	-0,05	0,89
PRE	-0,82	-0,02	0,67
FM	-0,85	0,11	0,74
FF	-0,80	0,27	0,71
Média da comunalidade			0,827
Autovalores	3,83	2,78	
Variância	47,91	35,5	
Variância acumulada	47,91	82,65	

NEP = número de espigas na parcela; PE = peso de espiga; PGT = peso de grãos total na parcela; PG = produtividade de grãos; AP = altura de planta; AE = altura de espiga; PRE = posição relativa da espiga; FM = florescimento masculino; FF = florescimento feminino.

Fonte: Autores, 2025.

A variância acumulada pelos dois primeiros componentes principais foi de 82,65%, representando a maior parte da variabilidade explicada. Segundo Alves, Minuzzi e Caron (2021), para que os resultados sejam considerados confiáveis, a variância acumulada deve ser igual ou superior a 70%.

Após a rotação pelo método Varimax, observa-se que o primeiro fator apresenta alta correlação genética com as variáveis altura de planta, altura de espiga, posição relativa da espiga, florescimento masculino e florescimento feminino, com cargas fatoriais de -0,92, -0,94, -0,82, -0,85 e -0,80, respectivamente. Essas variáveis estão fortemente correlacionadas, e esse fator representa as dimensões das características relacionadas à precocidade e à estrutura das plantas.

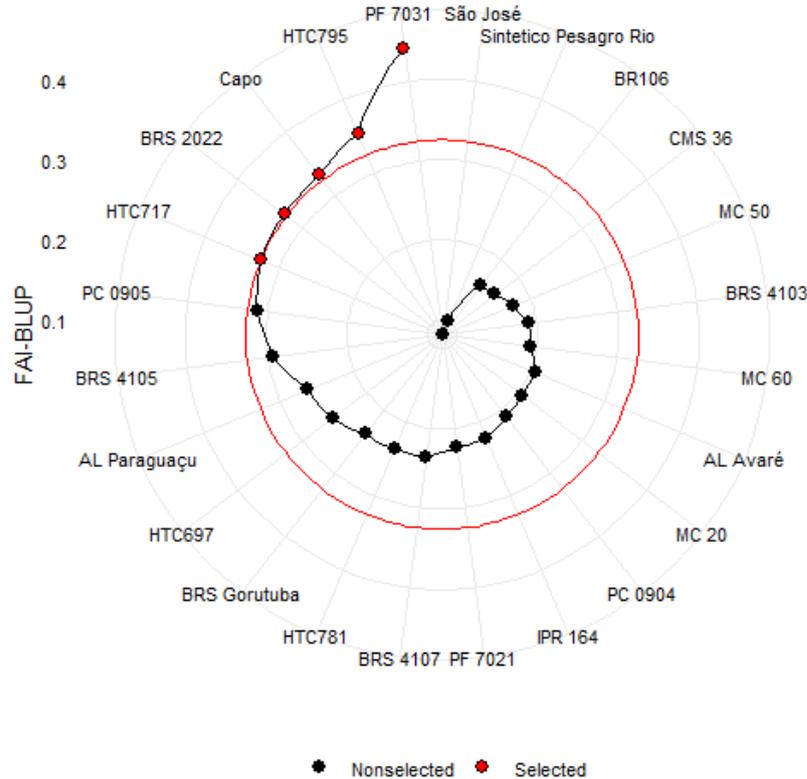
O segundo fator foi composto pelo número de espigas na parcela, peso de espiga e peso total de grãos na parcela, com cargas fatoriais de -0,93, -0,97 e -0,96, respectivamente, expressando as dimensões das características associadas ao rendimento produtivo. Além disso, comunalidades superiores a 0,5 indicam que o efeito ambiental sobre a variação entre os fatores é considerado baixo, conforme destacado por Lorentz e Nunes (2013).

Índice FAI-BLUP

Com uma intensidade de seleção de 20%, o índice FAI-BLUP selecionou os genótipos PF 7031, HTC 795, Capo, BRS 2022 e HTC 717 como materiais mais próximos do ideótipo desejado neste estudo. Conforme Volpato et al. (2020), a seleção de genótipos superiores com múltiplas

características deve estar associada maior rendimento produtivo e precocidade sob diferentes condições edafoclimáticas, sendo crucial para obtenção de ganhos genéticos futuros.

Figura 2 – FAI-BLUP dos genótipos selecionados e não selecionados.



Fonte: Autores, 2025.

4 CONCLUSÃO

O índice FAI-BLUP selecionou os genótipos PF 7031, HTC 795, Capo, BRS 2022 e HTC 717 como os materiais mais próximos do ideótipo para a região Semiárida.

Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Federal de Sergipe – Campus do Sertão, ao Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido (GEMS), ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Embrapa – Semiárido.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. Q. de *et al.* Selection of *Hancornia speciosa* germplasm accessions based on the FAI-BLUP index. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, p. e67226, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5167226>.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

ARTUZO, F. D. *et al.* O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p515-540>.

CARVALHO, R. LOZANO TEIXEIRA de. **Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho para produção de grãos na segunda safra brasileira**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – SP, 2018.

CARVALHO, M. N. **Seleção de genótipos de milho com potencial forrageiro no alto sertão sergipano: uma abordagem multivariada**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória – SE, 2020.

COSTA, C. dos S. R. *et al.* Genetic parameters and selection of mango genotypes using the FAI-BLUP multitrait index. **Scientia Horticulturae**, v. 317, p. 112049, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112049>.

CECCON, F. **Seleção de genótipos de milho eficientes na interação com *Azospirillum brasiliense***. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados. 2019.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02289233>.

LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P. Identificação da influência da pluviometria no rendimento do milho no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v13n5001119>.

LORENTZ, L. H.; NUNES, U. R. Relações entre medidas de qualidade de lotes de sementes de arroz. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 798-804, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400017>.

PEREIRA-FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Cultivares de milho para safra 2022/2023**. 2022.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. 2024.

ROCHA, J. R. do A. S. de C.; MACHADO, J. C.; CARNEIRO, P. C. S. Multitrait index based on factor analysis and ideotype-design: Proposal and application on elephant grass breeding for bioenergy. **Gcb Bioenergy**, v. 10, n. 1, p. 52-60, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12443>.

SILVA, C. M. da., *et al.* Melhoramento genético de plantas para adaptabilidade às mudanças climáticas. **Revista de Gestão e Secretariado**, São José dos Pinhais, v. 15, n. 9, p. 01-19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i9.4161>.

SILVEIRA, E. S. *et al.* Caracterização de diferentes classes genéticas de milho cultivados em região semiárida quanto ao potencial forrageiro. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, p. e13102, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.1302>,

VOLPATO, L. *et al.* Inference of population effect and progeny selection via a multi-trait index in soybean breeding. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, p. e44623, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.44623>

TAVEIRA, J. H. da S. *et al.* Importância dos remineralizadores na produção de milho para silagem. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 24907-24919, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-276>.

CAPÍTULO 8

USO DE COMPONENTES PRINCIPAIS NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE MILHO NO SEMIÁRIDO DE SERGIPE

João Vitor Santana Aragão   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Universidade Federal de Sergipe—Brasil

Barbara Nascimento Santos   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Carla Nayara da Silva Lima   

Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, Brasil

Nartênia Susane Costa Aragão   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Jacilene Francisca Souza Santos   

Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe- Brasil

Mario Sergio Rodrigues Barreto   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE, Brasil

Mikaely Rosendo dos Santos   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe. Nossa Senhora da Glória -SE, Brasil

Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

José Jairo Florentino Cordeiro Junior   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira   

Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão da Universidade Federal de Sergipe – Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.993 

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) cultivado no semiárido sergipano, região marcada por desafios climáticos que exigem genótipos adaptados e produtivos. Identificar genótipos superiores de milho com base em características morfológicas e produtivas no semiárido. O experimento foi conduzido na fazenda experimental da EMBRAPA semiárido em 2021, em delineamento de blocos casualizados, com duas repetições, utilizando parcelas de cinco metros com espaçamento 0,2 x 0,7 m. Foram avaliadas variáveis como altura de planta, florescimento, componentes da espiga, peso total e produtividade de grãos. A análise estatística foi realizada no software R, com ANOVA, e PCA. A análise de variância indicou diferenças significativas entre os genótipos para a maioria dos caracteres avaliados. O gráfico biplot (PCA) identificou os genótipos G3, G23, G28, G59, G66, G67, G74 e G75, destacaram-se por sua associação a precocidade, se destacaram com menor tempo de floração e produtividade maior que 6000 kg/ha. Esses materiais apresentam maior potencial para seleção em programas de melhoramento genético. Portanto, usando a análise de componentes principais foi possível identificar que os genótipos de milho G3, G23, G28, G59, G66, G67, G74 e G75 são superiores com base nas características morfológicas e produtivas no semiárido

Palavras-chave: Ferramentas biométricas. PCA. *Zea mays* L.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta alta relevância no cenário agrícola brasileiro, não apenas por seu volume de produção, mas também pela sua importância na segurança alimentar humana e animal. A ampliação das rotas logísticas, especialmente no Arco Norte, tem impulsionado o escoamento da produção, favorecendo estados da região Norte com potencial hidroviário, como destaca Mendes *et al.* (2024), ao analisarem a expansão do transporte fluvial como estratégia de desenvolvimento regional.

Em Sergipe, as condições edafoclimáticas também impõem desafios à produtividade. Para superá-los, pesquisas têm sido conduzidas com genótipos adaptados ao semiárido, como mostra Bispo (2022), ao avaliar o desempenho de materiais experimentais em Nossa Senhora da Glória.

Além dos aspectos agronômicos, a produção de milho em regiões semiáridas enfrenta riscos econômicos que exigem estratégias de mitigação. Conforme discutido por Prado, Villwock e Fossá (2023), a adoção de programas de transferência de riscos é uma alternativa relevante para minimizar perdas em períodos de estiagem prolongada. Na mesma perspectiva, Anjos (2023) identificou que o controle dos custos de produção é fator determinante para a sustentabilidade econômica do cultivo em pequenas propriedades sergipanas.

Quanto ao desempenho fisiológico, a planta de milho responde diretamente às condições ambientais e à disponibilidade de nutrientes. Kenenbayev *et al.* (2024) demonstraram que o uso de fertilizantes biológicos pode melhorar a produtividade quando associados ao manejo adequado do solo e da irrigação. Nesse cenário, o melhoramento genético surge como ferramenta estratégica, sobretudo em ambientes adversos. Estudos com cruzamentos dialélicos, como o de Lamêgo *et al.*

(2022), indicam o potencial de genótipos de milho-pipoca adaptados à seca, o que amplia as possibilidades de cultivo em regiões de baixa disponibilidade hídrica.

Paralelamente, ferramentas estatísticas vêm sendo incorporadas à pesquisa agrícola para aumentar a precisão na seleção de genótipos. A Análise de Componentes Principais (PCA) tem sido usada para distinguir materiais com base em múltiplos caracteres simultaneamente (Riboli; Lindino, 2023).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a variabilidade genética e identificar genótipos superiores de milho com base em características morfológicas e produtivas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo, material genético e delineamento experimental utilizado

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, situada no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, Brasil, nas coordenadas 10°13'06" S e 37°25'13" O, a uma altitude de 291 metros (Figura 1). O clima da região é classificado como tropical com estação seca (As), conforme a adaptação de Alvares *et al.* (2013).

Figura 1 - Mapa de localização do experimento.



Fonte: Autores, 2025.

Foram avaliados 46 cultivares de milho, no ano de 2021 em um delineamento experimental de blocos casualizados, com duas repetições. Cada parcela experimental consistiu em duas linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,70 metros entre linhas e 0,20 metros entre plantas, resultando em uma densidade populacional de 71.428 plantas por hectare.

2.1 Análises estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software RStudio (R Core Team, 2024). Inicialmente, aplicou-se uma análise de variância (ANOVA) para todas as variáveis estudadas. Adicionalmente, elaborou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA), com o objetivo de caracterizar os genótipos de milho a partir de características agronômicas usando os pacotes AgriR (Shimizu *et al.*, 2022) e ggplot2 (Wickham, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se na tabela 1, que os valores de CV foram considerados aceitáveis, reforçando a precisão e confiabilidade do experimento. Esses achados sustentam o uso da variabilidade genética como base para a seleção eficiente de materiais superiores. Além disso, observa-se a variabilidade significativa entre os genótipos, fator essencial para embasar estratégias de seleção e melhoramento genético.

Os dados foram classificados em três grupos: "Seleciona" ($pg > 6000$ e $ff < 60$), "Média" (pg entre 5000 e 6000 ou ff entre 60 e 65), e "Descarte" ($pg < 5000$ e $ff > 65$) utilizando a função `mutate()` do pacote `dplyr` (Wickham *et al.*, 2023). Em seguida, foi calculada a média das variáveis numéricas por tratamento e grupo, assegurando nomes únicos para os tratamentos com `make.unique()`.

A matriz de dados para Análise de Componentes Principais (PCA) foi construída excluindo variáveis categóricas, mantendo apenas as variáveis numéricas padronizadas. Os grupos foram armazenados em um vetor com nomes correspondentes às linhas da matriz, garantindo consistência nas análises.

A PCA foi realizada com a função `PCA()` do pacote `FactoMineR` (Lê *et al.*, 2008), e a visualização foi feita com `fviz_pca_biplot()` do pacote `factoextra` (KASSAMBARA; Mundt, 2020), com elipses de confiança entre grupos (`addEllipses = TRUE`) e coloração conforme a classificação, evidenciando a distribuição multivariada dos tratamentos.

Tabela 1 - Tabela resumida da análise de variância (ANOVA) das características morfológicas do milho.

FV	GL	QM			
		AP	AE	FM	FF
GENÓTIPO	45	607,0986 ^{ns}	304,9606*	5,4493***	207,4734***
BLOCO	1	271,3478 ^{ns}	138,7935 ^{ns}	25,0435***	21,0435 ^{ns}
RESÍDUO	45	403.8145	167,5713	1,4879	67,0879
CV (%)		9,62	12,39	2,11	34,73
MÉDIA		208,86	104,44	57,82	57,34
		PE	DE	CE	NFE
GENÓTIPO	45	4,2975***	0.1004***	4,2313***	4,6904***
BLOCO	1	0,0094 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	1,4626 ^{ns}	1,1757 ^{ns}

RESÍDUO	45	1.2849	0.0385	1,6484	0,9908
CV (%)		27,29	4,15	7,63	6,05
MÉDIA		4,15	4,72	16,82	16,45
		NGF	PGT	PG	
GENÓTIPO	45	14,4645*	1807847,63***	1454518.5***	
BLOCO	1	4,4792 ^{ns}	19227,17 ^{ns}	220887.2 ^{ns}	
RESÍDUO	45	7,8561	551981,62	319053.1	
CV (%)		7,58	28,92	10,71	
MÉDIA		36,96	2568,696	5274,605	

Nota: altura de planta (AP), altura de espiga (AE), florescimento feminino (FF), florescimento masculino (FM), número de fileiras de grãos por espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), peso total de grãos (PGT) e produtividade de grãos a 13% de umidade (PG), quadrados, quadrados médios (QM), os graus de liberdade (GL), os coeficientes de variação (CV%). ***, **, * significativo a 0,01%, 1% e a 5% respectivamente. ns não significativo.

Fonte: Autores, 2025.

A análise de variância evidenciou variabilidade genética significativa entre os genótipos de milho avaliados para a maioria dos caracteres agronômicos. Isso implica em ganhos genéticos com a seleção e melhoramento desses genótipos. A variável AP não apresentou diferença estatística, indicando uniformidade entre os genótipos. Por outro lado, AE mostrou diferença significativa ($p < 0,05$), apontando para a possibilidade de seleção voltada à melhoria da arquitetura da espiga, importante para a colheita mecanizada.

As variáveis fenológicas FM e FF apresentaram significância altamente expressiva ($p < 0,001$), indicando diversidade entre os genótipos, o que favorece a escolha de cultivares adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas. Entre os caracteres da espiga, CE, DE, NFE e NGF também apresentaram diferenças significativas, sendo características diretamente relacionadas ao rendimento e, portanto, alvos prioritários de seleção.

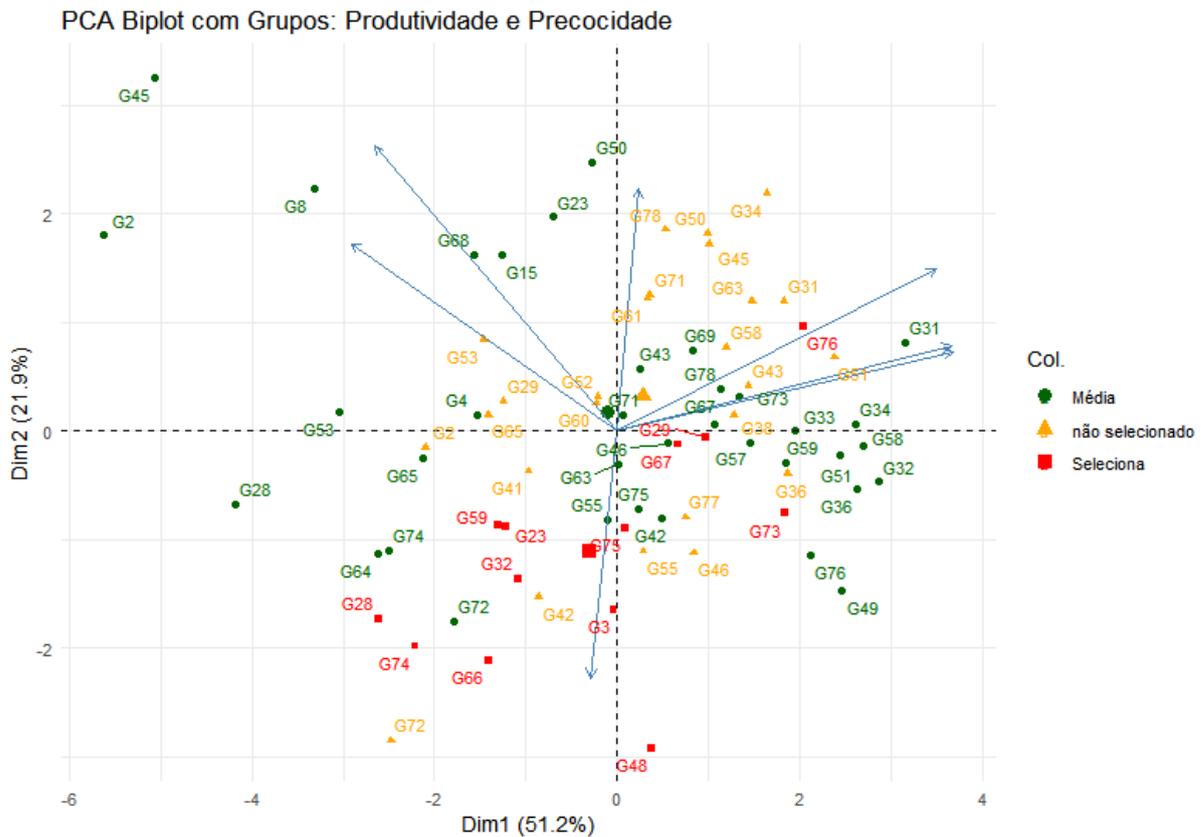
Quanto ao desempenho final, PGT e PG foram altamente significativos ($p < 0,001$), confirmando a superioridade produtiva de determinados genótipos. Segundo Santos *et al.* (2024), práticas sustentáveis aliadas à genética podem potencializar esses resultados.

Os resultados obtidos reforçam que há expressiva variabilidade entre os genótipos avaliados, tanto para caracteres fenológicos quanto produtivos, o que confere base sólida para a condução de programas de melhoramento. Como destacam Silva *et al.* (2021), a diversidade genética, aliada à seleção criteriosa e ao manejo adequado, é uma das principais estratégias para maximizar o rendimento de culturas como o milho em diferentes sistemas de produção.

A Análise de Componentes Principais (PCA), foi aplicada com o objetivo de explorar a variabilidade entre genótipos de milho a partir de características agronômicas como produtividade de grãos (PG), precocidade (avaliada pela floração feminina - FF e masculina - FM), peso da espiga (PE), número de grãos por fileira (NGF) e peso de grãos total (PGT). O gráfico biplot, evidencia que os dois primeiros componentes principais (Dim1 e Dim2) explicam, juntos, aproximadamente 74,8% da variância total dos dados, sendo 51,2% atribuídos à Dimensão 1 e 23% à Dimensão 2. Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

Com base na Figura 2, os genótipos classificados como "Seleciona" (representados por quadrados vermelhos) concentram-se, principalmente, no quadrante esquerdo inferior do gráfico, na direção dos vetores de produtividade (PG, PGT) e precocidade (FM, FF). Isso indica que esses indivíduos apresentam, simultaneamente, alto rendimento e ciclo reduzido, características desejáveis em programas de melhoramento genético voltados para eficiência produtiva e colheita antecipada.

Figura 2 - Análise de Componentes principais (PCA), que revela a distribuição dos genótipos de milho avaliado em relação aos vetores de produtividade e precocidade.



Fonte: Autores, 2025.

Os genótipos G3, G23, G28, G59, G66, G67, G74 e G75, são os mais promissores, que foram agrupados com base em um critério de classificação, que levou em conta a produtividade de grãos (PG) e a precocidade da floração feminina (FF) e masculina (FM). Os tratamentos classificados como "Seleciona" foram os que apresentaram maior potencial produtivo aliado à precocidade, conforme ilustrado na Análise de Componentes Principais (PCA). Essa análise permitiu visualizar a distribuição dos tratamentos no espaço bivariado, destacando a separação entre os grupos com base nos parâmetros criados, visando precocidade e produtividade. Os genótipos são fortes candidatos à seleção, uma vez que se alinham aos objetivos de rendimento e precocidade, atributos desejados para adaptação às condições do semiárido e para manejo eficiente da cultura.

A clara distinção dos grupos no espaço fatorial evidencia que os critérios de seleção utilizados (produtividade > 6000 kg ha⁻¹ e florescimento precoce <60 dias) são eficazes para estratificar genótipos de interesse. Além disso, a sobreposição parcial entre os grupos "Média" e "Seleciona" reforça a necessidade de acompanhamento de genótipos intermediários que, sob determinadas condições ambientais, podem expressar bom desempenho.

4 CONCLUSÃO

O estudo evidenciou ampla variabilidade genética para características fenológicas, morfológicas e, especialmente, produtivas. Os genótipos G3, G23, G28, G59, G66, G67, G74 e G75, destacaram-se por sua associação a precocidade, sendo os genótipos com menor tempo de floração e com produtividade maior que 6000 kg ha⁻¹.

Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido (GEMS), ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a EMBRAPA Semiárido.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANJOS, V. N. dos. **Análise da evolução e participação dos custos de produção na cultura do milho em uma propriedade rural**. Nossa Senhora da Glória: NEAS – Núcleo de Graduação de Agronomia – Engenharia Agrônômica, 2023. Disponível em: <https://ri.ufs.br/>. Acesso em: 21 mar. 2025.
- BISPO, P. C. F. **Caracterização fenotípica de genótipos experimentais elite de milho em condições semiáridas de Sergipe**. Nossa Senhora da Glória: NEAS – Núcleo de Graduação de Agronomia – Engenharia Agrônômica, 2022. Disponível em: <https://ri.ufs.br/>. Acesso em: 21 mar. 2025
- JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374, (2065), 20150202, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>. Acesso em: 29 mar. 2025.
- KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.7, 2020.

KENENBAYEV, S. *et al.* Efeitos dos fertilizantes biológicos e das condições do ano sobre a fisiologia e a produtividade do milho no Cazaquistão. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e286562, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

LAMÊGO, D. L. *et al.* **Compreensão da expressão gênica de características de interesse à adaptação de genótipos de milho-pipoca à seca via dialelo parcial.** *In:* Congresso Fluminense de Pós-Graduação (CONPG), 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/conpg2022>. Acesso em: 21 mar. 2025.

MENDES, A.T. *et al.* A evolução do transporte hidroviário de soja e milho no Arco Norte e sua importância para o desenvolvimento do Pará. **Revista do Encontro de Gestão e Tecnologia**, v. 1, n. 6, p. 132–140, 2024. Disponível em: <https://revistas.uri.br/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

PRADO, E. T. A.; VILLWOCK, A. P. S.; FOSSÁ, J. L. Riscos e programas de transferência de riscos na produção de milho no semiárido sergipano. **Revista Grifos**, v. 32, n. 60, p. 01–19, 2023. Disponível em: <https://bell.unochapeco.edu.br>. Acesso em: 21 mar. 2025.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

RESENDE, M. A. V. de *et al.* Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 334–640, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 21 mar. 2025.

RIBOLI, S. A.; LINDINO, C. Análise de componentes principais (PCA) na discriminação de fontes de água potável. **Revista Tecnia**, v. 8, n. 2, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ifg.edu.br>. Acesso em: 21 mar. 2025.

SANTOS, B. P. dos; COSTA, L.; VERDURICO, L. C. **Maximizando a produção de milho com UTRISHA N®: um avanço sustentável na alimentação animal – Revisão bibliográfica.** *In:* Encontro Acadêmico de Produção Científica do Curso de Medicina Veterinária, 2024. Disponível em: <https://ibict.unifeob.edu.br>. Acesso em: 21 mar. 2025.

SILVA, D. F. *et al.* Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e12310313172, 2021.

SHIMIZU, G. D. da *et al.* **agroR: Analysis and Graphs for Agricultural Experiments.** R package version 1.2.7, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=agroR>. Acesso em: 25 mar. 2025.

CAPÍTULO 9

AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO RGB NA QUANTIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS CULTIVADAS COM BRS CAPIAÇU (*Pennisetum purpureum*, Schumach) SOB DIFERENTES FORMAS DE ADUBAÇÃO

Daniel Martins de Oliveira   

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

Wesley Pereira Ribeiro da Silva   

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

Kelly Eduarda Souza Ferreira   

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

Tardelli Rocha Ferreira   

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

Daniel Barbosa de Santana   

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

Antonio Coelho de Souza Neto   

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

Álvaro Ryan da Silva Soares   

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

Tiago Tavares Devesa   

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

DOI: 10.52832/wed.170.994 

Resumo: A cobertura do solo é crucial para a proteção do solo, favorecendo a infiltração de água e reduzindo a erosão. O Brasil adota sistemas de pastagens para a alimentação do rebanho, sendo essencial para manejar e maximizar a produtividade dos pastos e garantir a sustentabilidade. O trabalho busca avaliar diferentes índices de vegetação RGB na quantificação da cobertura vegetal em áreas cultivadas com BRS capiaçu. Avaliar a eficácia de diferentes índices de cobertura do solo obtidos a partir de imagens ARP, comparando as condições de cobertura do solo sob diferentes tratamentos de adubação. As imagens aéreas foram capturadas com drone marca DJI *Phantom 4 Standard*, em dois períodos: 50 e 70 DAP. As imagens foram processadas com o *Agisoft Metashape* para gerar ortofotos e analisadas no QGIS, onde foram calculados os índices de vegetação GLI, TGI, VEG e VARI. Para comparação, foram criadas camadas individuais para cada parcela, delimitadas manualmente. Os dados binarizados e vetorizados foram analisados e inseridos em tabelas para determinar o índice de vegetação com maior eficiência na cobertura vegetal. O Índice TGI demonstrou maior precisão na avaliação da cobertura vegetal, identificando e quantificando a cobertura do solo com maior eficácia em comparação aos demais.

Palavras-chave: Conservação do solo. Forragem. Sensoriamento Remoto.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a adoção de sistemas intensificados de cultivo na agricultura é recomendada para otimizar o uso da área das propriedades agrícolas. Esse método intensivo tem gerado a demanda por técnicas de cultivo que auxiliem no manejo e conservação do solo, além de melhorar a produtividade e a renda. A cobertura do solo desempenha um papel crucial na sua proteção, pois ajuda a minimizar os danos provocados pelo impacto de chuvas e ventos, promove uma maior infiltração de água no solo e diminui o risco de erosão (KluthcouskI *et al.*, 2000).

A incorporação de novas tecnologias no meio agrícola refere-se a um aperfeiçoamento em termo de facilidade na integração das tarefas rurais, possibilitando um melhor manejo para a exploração dos recursos agrícolas. A cobertura do solo é um fator de extrema importância para a dinâmica do sistema agrícola, uma vez que reduz a atuação dos agentes erosivos, atua na reciclagem de nutrientes através da matéria orgânica, entres outros benefícios (Zonta; Costa; Soffiati, 2021).

Haja vista o exposto, justifica-se quantificar a cobertura vegetal do solo a fim de obter informações necessárias para manejá-la da maneira correta, de modo a manter os níveis de produtividades adequados. A utilização de tecnologias de última geração para fazer esses levantamentos de informações são essenciais visto que o emprego dessas geotecnologias em detrimento de outros métodos é eficaz na geração de informações mais precisas e consequentemente influenciará em tomadas de decisões mais assertivas. (Cosme, 2011).

O índice de vegetação é uma medida usada para avaliar a quantidade, o vigor e a saúde da vegetação em uma determinada área. Ele é obtido através de imagens de satélite e outros sensores remotos que capturam dados espectrais, especialmente nas faixas do vermelho e do infravermelho próximo, permitindo analisar a densidade e o estado do cenário. Esses índices são amplamente

usados em estudos de agricultura, monitoramento ambiental, planejamento urbano e gestão de recursos naturais, fornecendo informações cruciais sobre o desenvolvimento da paisagem e seu complexo (Atzberger, 2013).

O capim capiaçu (*Pennisetum purpureum*) é uma cultivar do capim-elefante amplamente utilizada em áreas de pastagem e produção de forragem, principalmente no Brasil. Devido ao seu elevado potencial produtivo e alta palatabilidade, o capim capiaçu é considerado uma excelente opção para alimentação de bovinos, especialmente em sistemas intensivos de produção, como a pecuária leiteira (Oliveira *et al.*, 2020).

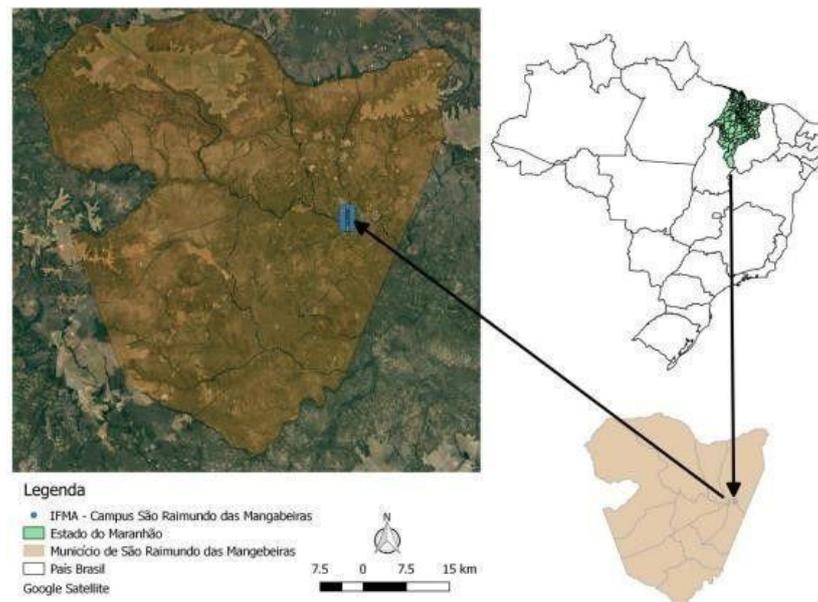
Nas áreas de capineira, o manejo adequado do capim capiaçu é fundamental para maximizar sua produção. Isso envolve práticas como adubação química ou orgânica para promover um crescimento saudável e garantir boa cobertura do solo, além do controle da altura de corte para manter o vigor da planta e evitar a degradação da pastagem. A adubação química tende a proporcionar melhores resultados em termos de produtividade e qualidade da forragem, em comparação com a adubação orgânica ou a ausência de adubação (Oliveira *et al.*, 2020).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão, *campus* São Raimundo das Mangabeiras, localizado na cidade de São Raimundo das Mangabeiras situada na latitude 7°1'19.75" Sul e longitude 45°28'49.95" Oeste (figura 1). A escolha deste local deve-se à sua relevância como um ambiente representativo das condições de cultivo da cultura alvo deste experimento, bem como à disponibilidade de infraestrutura adequada para a realização das atividades experimentais.

O clima da região de acordo com os atores Koppen e Geiger é classificado como Aw, ou seja, é tido como o clima tropical, e apresenta algumas características inerentes a esse clima: irregularidades nas estações que é chuvosa no verão (novembro a abril) e seca no inverno (maio a outubro), temperaturas médias em torno de 26,4 °C e pluviosidade anual próximos de 1157 mm.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Tavares, 2023.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, utilizando três tratamentos (sem adubação, adubação orgânica e adubação química) em 3 repetições com espaçamento de 1m entre as ruas. A espécie utilizada foi a cultivar BRS Capiáçu, obtida de uma propriedade particular no município. O plantio foi realizado em sulcos, com espaçamento de 0,80m entre as linhas e 0,30m de profundidade.

Inicialmente, foi feita a correção do solo com calcário para atingir uma saturação por bases de 60%. A adubação química seguiu as recomendações do manual 5º Aproximação (1999), com as doses de 150 kg/ha, 120 kg/ha e 60 kg/ha de NPK, respectivamente. A adubação fosfatada foi aplicada no momento do plantio, enquanto o nitrogênio e o potássio foram aplicados em uma única vez, quando a cobertura vegetal atingiu 60% do solo. Para a adubação orgânica, foi utilizada a dose de 10 t/ha de esterco caprino. Os teores de nutrientes do esterco estão disponíveis na tabela a seguir.

Tabela 1 – Análise do esterco caprino.

N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N
-----%-----						%	
2,35	0,82	2,64	1,96	0,85	0,33	14,04	5,97
Zn	Fe	Mn	Cu	B	pH	Na	
-----%					(H ₂ O)	(%)	
99,2	2128,0	214,4	22,4	24,30	7,71	0,0656	

Fonte: Autores, 2024.

Para avaliar a cobertura vegetal, foram realizados levantamentos aerofotogramétricos utilizando um drone DJI Phantom 4 Standard, equipado com uma câmera de 12 MP, lente de 20 mm, campo de visão de 94, resolução de vídeo em 4K e Full HD, e sistema de localização via GPS/GLONASS. Os voos foram planejados no software PIX4D, a uma altura de 50 metros, velocidade de 6m/s e sobreposição lateral e longitudinal de 80%. Na área, ocorreu a obtenção de imagens em dois períodos de corte, sendo o primeiro nos 50 dias e o segundo nos 70 dias (figura 2), com o objetivo de obter dados em diferentes fases do desenvolvimento da cultura.

Figura 2 - Recorte do ortomosaico do corte de 50 dias (a) e 70 dias (b).



Fonte: Autores, 2024.

O processamento digital das imagens foi realizado tendo como base de processamento a técnica Structure from motion (SFM), que é uma técnica de processamento de imagem utilizada para reconstruir estruturas tridimensionais a partir de sequências de imagens bidimensionais coletadas em sensores em movimento (Westoby *et al.*, 2012). Gerando polígono da área experimental; Polígono das parcelas; Aplicação dos índices em cada parcela. Ainda no QGIS 3.34.6, utilizando a ferramenta calculadora raster, as bandas de cada ortomosaico foram separadas e os índices de vegetação foram calculados conforme as equações I, II, III e IV, respectivamente sendo: Green Leaf Index - GLI, Triangular Greenness Index – TGI, Vegetation Index Green – VEG, e Visible Atmospherically Resistant Index – VARI.

$$I - GLI = \frac{((G-R) + (G-B))}{(G+R+G+B)}$$

$$III - VEG = \frac{G}{R^a \alpha B^{1-a}}$$

$$II - TGI = Rg - 0,39 \times Rr - 0,61 \times Rb$$

$$IV - VARI = \frac{(Rg - Rr)}{(Rg + Rr - Rb)}$$

Onde G, R e B representam, respectivamente, os valores digitais das bandas verde, vermelha e azul; R é a reflectância dessas bandas; enquanto r, g e b correspondem, respectivamente, às bandas vermelha, verde e azul; e a é um valor fixado em 0,667.

Em seguida, após a aplicação de cada índice, as parcelas foram delimitadas e recortadas em imagens individuais para quantificar a porcentagem de cada índice através da função `r.report` que realiza uma binarização da imagem, tendo como resultado a % de solo coberto.

Para avaliar a quantificação obtida por cada índice, foi realizada uma vetorização criando polígonos a partir do ortomosaico da área com objetivo de quantificar o percentual de cobertura vegetal manualmente, como mostra a figura 3. Em seguida, os dados obtidos através da binarização de cada índice de vegetação e da vetorização da área, foram inseridos em tabelas para calcular o erro absoluto entre valores observados pela vetorização e estimados pelos índices, posteriormente verificou-se o índice com menor erro, indicando assim qual apresentou uma maior eficiência para identificar a cobertura vegetal.

Figura 3 – Vetorização de cobertura vegetal do corte 70 dias.



Fonte: Autores, 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente pesquisa, foram comparados quatro índices de vegetação: GLI, TGI, VEG e VARI, em relação a vetorização, em 2 períodos de corte diferentes. No qual foram obtidos dados de solo coberto em percentual (%) e o erro absoluto em metros. A análise dos índices de vegetação é uma ferramenta essencial no estudo e monitoramento de áreas vegetadas, pois esses índices são fundamentais para quantificar e avaliar a saúde da vegetação, a densidade do crescimento vegetal e diversas características ambientais, como a cobertura do solo. Diferentes índices podem fornecer informações variadas sobre a saúde da vegetação, sua densidade e outras características ambientais (Atzberger, 2013).

A forma de cobertura foi avaliada com base na exposição do solo visível, sendo a cobertura mais eficiente aquela que apresentou menor área de solo exposto. A relação positiva entre os valores dos índices de vegetação e a densidade da cobertura foi confirmada em diferentes estudos, indicando que, quanto maior a cobertura vegetal, mais confiáveis e úteis são as métricas para estimar o estado de saúde da pastagem e a qualidade do solo (Mashame; Akinyemi, 2016).

Na Tabela 2 são apresentados os dados dos índices de vegetação no período de 50 dias, pode-se observar que o índice TGI apresentou o menor erro absoluto com valores de 0,33, 1,47, 0,09 nos respectivos tratamentos sem adubação, adubação orgânica e adubação química em relação a vetorização em todas as formas de manejo da fertilidade, indicando maior precisão na estimativa do solo coberto.

Tabela 2 - Dados de avaliação dos diferentes índices de vegetação para manejo sem adubação, com orgânica e adubação química os 50 dias.

Índices de vegetação	Sem adubação / 50 dias		Adubação orgânica / 50 dias		Adubação química / 50 dias	
	Cobertura do solo%	Erro Absoluto	Cobertura do solo%	Erro Absoluto	Cobertura do solo%	Erro Absoluto
GLI	56%	2,50	84,19%	1,96	94,86%	0,54
TGI	49,86%	0,33	82,83%	1,47	93,61%	0,09
VEG	56,36%	2,67	84,33%	2,01	94,92%	0,56
VARI	56,72%	2,80	83,33%	1,65	94,33%	0,35
Vetorização	48,94%		78,75%		93,36 %	

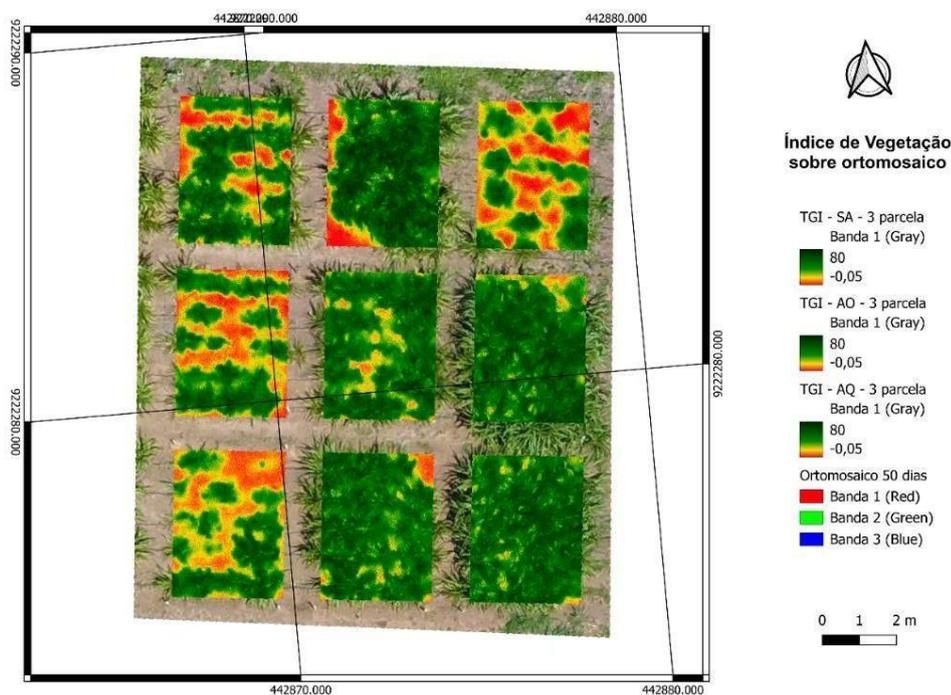
Fonte: Autores, 2024.

Os resultados deste estudo corroboram os achados de Hunt *et al.* (2011), que Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

investigaram a eficiência de diferentes índices de vegetação na estimativa da clorofila, destacando o TGI como o mais correlacionado com a concentração desse pigmento. O estudo mostrou que o TGI possui maior sensibilidade às variações de clorofila devido à sua formulação específica, apresentando precisão média 15% superior em comparação a outros índices amplamente utilizados, como o GLI e VARI. Esses resultados comprovam a robustez do TGI na análise da saúde da vegetação.

A Figura 4 mostra o mapa do índice TGI para os três tratamentos de manejo: adubação química (TGI-AQ), orgânica (TGI-AO) e sem adubação (TGI-SA). Os tratamentos com adubação química apresentaram maior eficiência na cobertura do solo, com predominância de áreas em verde intenso, indicando menor exposição do solo. Em contraste, os tratamentos com adubação orgânica e ausência de adubação mostraram maior presença de áreas em vermelho, refletindo menor densidade de vegetação. Esses resultados evidenciam o impacto positivo da adubação química no crescimento do capim capiaçu e na proteção do solo, reforçando a precisão do TGI em identificar diferenças na cobertura do solo.

Figura 4 - Mapa com índice TGI aplicado no período de corte de 50 dias.



Fonte: Autores, 2024.

Já na tabela 3 são apresentados os dados no período de corte de 70 dias, no qual o TGI demonstrou-se novamente um resultado preciso, mas próximo da vetorização, tendo em vista que, o índice VARI obteve um valor de erro absoluto (6,82) inferior ao demais, somente no tratamento sem adubação.

Tabela 3 - Dados de avaliação dos diferentes índices de vegetação para manejo sem adubação, com orgânica e adubação química os 70 dias.

Índices de vegetação	Sem adubação / 70 dias		Adubação orgânica / 70 dias		Adubação química / 70 dias	
	Cobertura do solo%	Erro Absoluto	Cobertura do solo%	Erro Absoluto	Cobertura do solo%	Erro Absoluto
	GLI	75%	8,91	92,94%	4,05	97,28%
TGI	73,17%	8,15	89,31%	2,74	96,50%	0,63
VEG	74,75%	8,72	92,81%	4,00	97,33%	0,93
VARI	69,47%	6,82	89,39%	2,77	97,08%	0,84
Vetorização	50,53%		81,69%		94,75%	

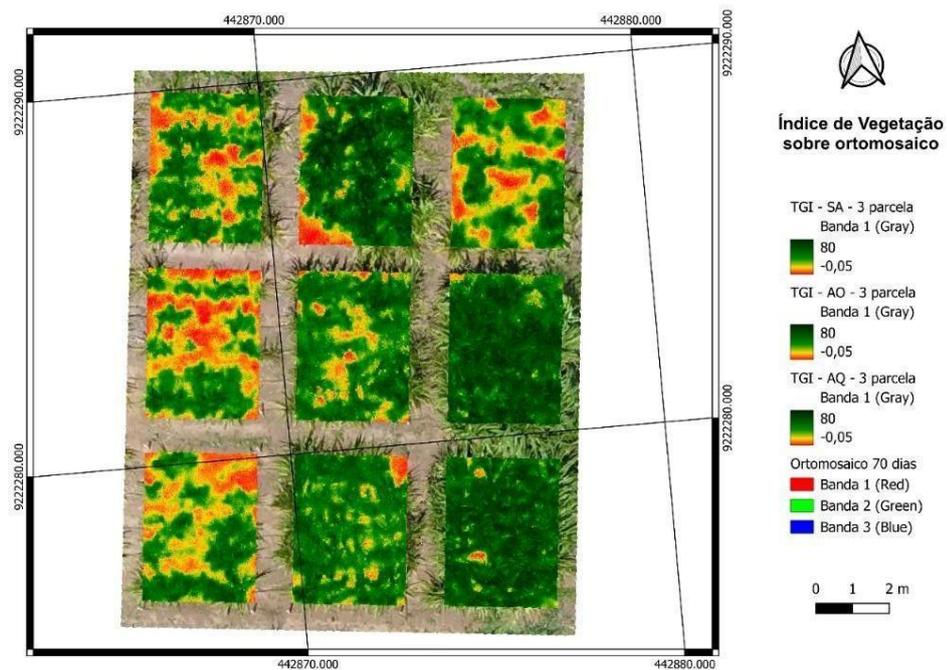
Fonte: Autores, 2024.

Em estudo realizado em pastagens no Brasil, onde foi comparado a precisão do TGI com outros índices, como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*). Os resultados indicaram que o TGI apresentou maior correlação com a biomassa verde em áreas de pastagem, sendo mais sensível à variação na densidade da vegetação (Silva; Souza, 2020).

Na figura 5, mostra o mapa com índice TGI nos tratamentos no período de corte de 70 dias, onde os resultados indicam que, assim como no período de 50 dias, o tratamento com adubação química apresentou a maior cobertura do solo, com áreas em verde intenso. A adubação orgânica também melhorou a cobertura, mas de forma menos pronunciada, enquanto o tratamento sem adubação manteve maior exposição do solo. Isso evidencia a eficiência da adubação química no crescimento vegetativo e na cobertura do solo.

Diante do exposto, o índice TGI demonstrou a maior precisão na detecção do capiaçu, como mostra as figuras 5 e 6, alinhando-se mais de perto com a vetorização manual. Isso indica que o TGI é altamente sensível às variações de clorofila que caracterizam o capiaçu. Os demais índices apresentaram uma precisão moderada, onde o GLI destacou bem as áreas verdes, mas com menos especificidade, enquanto o VARI corrigiu bem os efeitos atmosféricos, mas não capturou com precisão a densidade do capiaçu, pois mapeava áreas sombreadas, enquanto o VEG teve uma precisão aceitável, mas inferior aos demais índices, devido à sua abordagem mais generalista.

Figura 5 - Mapa com índice TGI aplicado no período de corte de 70 dias.



Fonte: Autores, 2024.

Segundo Almeida e Santos (2019), o TGI é uma ferramenta promissora para o monitoramento da cobertura vegetal em áreas de pastagem, com potencial para superar outros índices em precisão, dependendo do contexto ambiental e das características específicas da vegetação.

Ainda como aponta Almeida e Santos, (2019), o TGI se destaca porque consegue captar variações sutis na vegetação, mesmo quando a cobertura não é homogênea, o que é comum em áreas de pastagem. O índice foi projetado para ser mais resistente às variações de iluminação e menos influenciado por efeitos.

4 CONCLUSÃO

A escolha do índice de vegetação adequado é crucial para obter resultados precisos na detecção da cobertura do solo. No estudo foram comparados quatro índices, onde o TGI mostrou-se superior na quantificação da cobertura vegetal de BRS Capiacu.

Estudos futuros podem se beneficiar da combinação desses índices para obter dados eficientes em áreas de pastagem.

O índice TGI se mostrou mais eficiente na detecção de cobertura do solo em áreas com maior densidade vegetal, especialmente no tratamento com adubação química. Isso demonstra a capacidade do TGI de identificar com precisão a vegetação densa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P.F.; SANTOS, M.B. Assessment of Vegetation Indices for Monitoring Pastures in the Brazilian Cerrado. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 2, p. 113-129, 2019.
- ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, p. 949-981, 2013.
- COSME JUNIOR, S. **Análise de uso e cobertura do solo no município de Parelhas/RN**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2011.
- HUNT, E.R.; DAUGHTRY, C.S.T.; EITEL, J.U.H.; LONG, D.S. Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 4, p. 1090-1099, 2011.
- KLUTHCOUSKI, J.; PEDRA, LF; AIDAR, H. **Integração lavora-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 570 p.
- MASHAME, K.; AKINYEMI, F. O. **Classificação do uso e cobertura do solo em pastagens utilizando NDVI**. Conferência Brasileira de Engenharia Agrícola (CONBEA), 2016. Disponível em: <https://www.conbea.org.br>. Acesso em: 4 dez. 2024.
- OLIVEIRA, M. P.; SANTOS, M. E. R.; REIS, R. A.; SANTOS, L. F. Características agronômicas do capim-elefante capiaçu sob diferentes tipos de adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, e20190076, 2020.
- WESTOBY, M. J.; BRASINGTON, J.; GLASSER, N. F.; HAMBREY, M. J.; REYNOLDS, J. M. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. **Geomorphology**, v. 179, p. 300–314, 2012.
- ZONTA, A.B.; COSTA, J.M.A.; SOFFIATI, C.S. **Tecnologias no meio agrícola: novos avanços e suas aplicações**. São Paulo: Editora Agropecuária, 2021. 280 p.

CAPÍTULO 10

AVALIAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO SOB DIFERENTES PASTAGENS COM E SEM ADUBAÇÃO MINERAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Tiago Tavares Devesa   

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

Wesley Pereira Ribeiro da Silva   

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

Kelly Eduarda Souza Ferreira   

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

Tardelli Rocha Ferreira   

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

Daniel Barbosa de Santana   

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

Antonio Coelho de Souza Neto   

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

Álvaro Ryan da Silva Soares   

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

Daniel Martins de Oliveira   

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

DOI: 10.52832/wed.170.995 

Resumo: O Brasil tem uma posição de destaque na produção de carne mundial, onde o sistema de pastagem predomina na alimentação do rebanho. Nesse sentido, a adoção de conjuntos tecnológicos com drones, sensoriamento remoto, possibilita o levantamento de informações que viabiliza a escolha adequada do manejo a ser empregado. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a cobertura do solo sob diferentes gramíneas, com e sem adubação mineral com a utilização de tecnologias de geoprocessamento. Para realização desse levantamento as imagens foram coletadas nos períodos de 15, 30 e 45 dias após o corte das pastagens, a 50 metros de altura com drone da marca DJI, modelo Phantom 4, essas imagens foram processadas através do software Agisoft para geração de ortofotos, que em seguida foram utilizadas para avaliação de cobertura do solo com auxílio do software QGIS. Usando esses softwares as classes de cobertura foram classificadas em solo exposto ou com vegetação. Após análise dos resultados concluiu-se que o capim Tanzânia obteve destaque por possuir maior percentual de cobertura da área, mostrando-se responder bem às características edafoclimáticas da região. A adubação mineral proporcionou melhores resultados, refletindo em médias superiores de percentual de cobertura para os três períodos de corte.

Palavras-chave: Fertilidade do solo. Geotecnologias. Índice GLI.

1 INTRODUÇÃO

A Agricultura 4.0 é um conjunto de tecnologias digitais de última geração que são integradas por softwares, sistemas e equipamentos que auxiliam a produção agropecuária, em todas as suas demandas (Jacto, 2018). Tecnologias estas que fornecem imagens, mapas, monitoramento em tempo real, entre outros. Estas informações são essenciais para auxiliar o produtor na tomada de decisão do manejo a ser empregado na atividade agrícola.

A cobertura do solo é de extrema importância para a dinâmica do sistema agrícola, uma vez que reduz a atuação dos agentes erosivos, atua na reciclagem de nutrientes através da matéria orgânica, entres outros benefícios (Zonta; Costa; Soffiati, 2021). Visto isto, quantificar a cobertura vegetal do solo é sinônimo de melhorar os sistemas de produção.

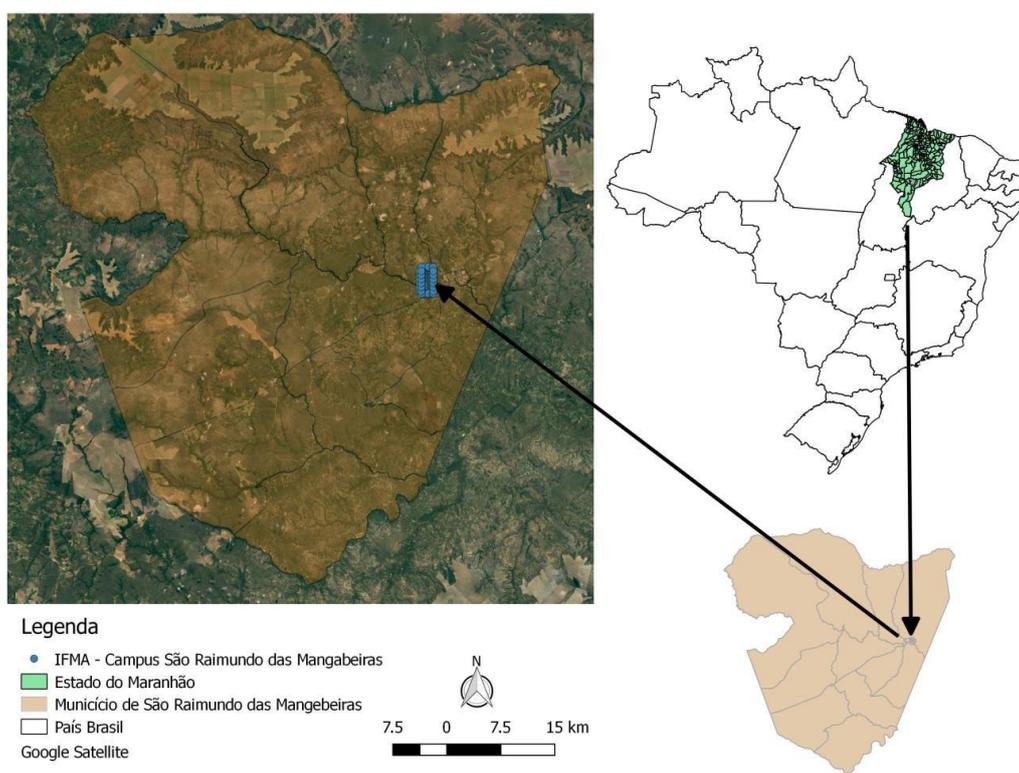
A utilização de tecnologias de última geração para fazer esse levantamento é necessária uma vez que o uso dessas geotecnologias é eficaz na geração de informações mais precisas com decisões mais assertivas. Drone, técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remotos, índices de vegetação, são tecnologias que já vem sendo utilizadas como ferramentas para otimização da produção de várias culturas com determinação de diversos parâmetros (Padolfi; Ramaldes; Santos, 2018).

O presente trabalho estudou a relação da cobertura vegetal do solo e o efeito da adubação mineral utilizando geotecnologias, na hipótese de contribuir na tomada de decisão em relação ao melhor manejo que deve ser adotado para que a propriedade possa expressar seu máximo potencial produtivo. Com objetivo avaliar a cobertura do solo sob diferentes gramíneas com e sem adubação mineral com a utilização de tecnologias de geoprocessamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão, campus São Raimundo das Mangabeiras, localizado na cidade de São Raimundo das Mangabeiras situada na latitude 7°1'19.75"Sul e longitude 45°28'49.95" Oeste (Figura 1). O clima da região de acordo com os autores Koppen e Geiger é classificado como Aw, ou seja, é tido como o clima tropical, e apresenta algumas características inerentes a esse clima: irregularidades nas estações que é chuvosa no verão (Novembro a Abril) e seca no inverno (Maio a Outubro), temperaturas médias em torno de 26,4 °C e pluviosidade anual próximos de 1157 mm.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Richardson, 2019.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três blocos, em parcelas subdivididas, composto por cinco variedades de gramíneas: *Andropogon gayanus* cv. Planaltina; *Panicum maximum* cv. Massai; *Panicum maximum* cv. Tanzânia; *Panicum maximum* cv. Aruana e *Panicum maximum* cv. Mombaça, e dois níveis de adubação: com e sem adubação, tendo as variedades constituindo as parcelas e os níveis de adubação as subparcelas. Cada unidade experimental (subparcelas) foi formada por uma área com dimensões de 5 x 10 m, considerando-se úteis as plantas da região central da área, eliminando os metros iniciais e finais de cada unidade. O

experimento foi implantado em 2019, as adubações foram realizadas de acordo com análise de solo.

A área experimental foi preparada conforme necessidades da cultura, realizando-se aração e gradagem. A adubação de plantio foi realizada sendo aplicado 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 50 kg ha⁻¹ de fósforo, 20 kg ha⁻¹ de potássio. As adubações de manutenção no primeiro ano foram utilizadas 50 Kg ha⁻¹ de nitrogênio, no ano seguinte foi aplicado de acordo com análise do solo 50 Kg ha⁻¹ de nitrogênio na, 30 Kg ha⁻¹ de fósforo.

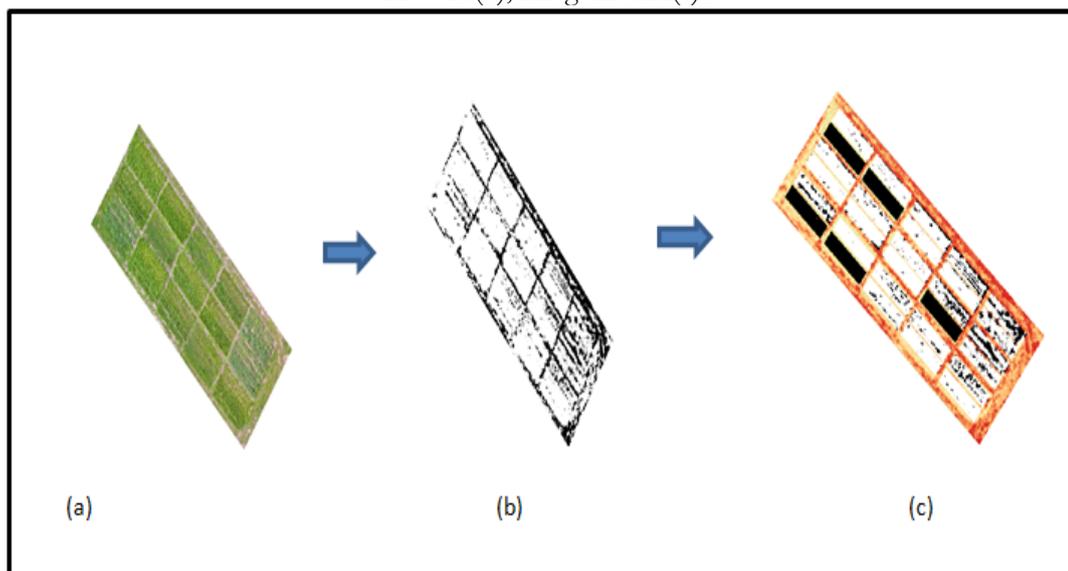
Para análise de cobertura vegetal com Drone foram realizados levantamentos fotogramétricos nos períodos de 15, 30 e 45 dias após o corte das pastagens, para isso, com a utilização de um drone da marca DJI, modelo Phantom 4 Standard, câmera de 12 MP, lente de 20 mm, campo de visão de 94, resolução de vídeo em 4K E Full HD, usa localização via GPS/GLONASS. Os voos foram planejados no software PIX4D, a 50 metros de altura, velocidade de 6 m/s e 80% de sobreposição lateral e longitudinal.

Na figura abaixo encontra-se o software PIX4D que é o aplicativo utilizado para fazer todo o planejamento de voo do drone: velocidade, altura, sobreposição, e diversos outros fatores.

As imagens coletadas foram processadas através do software Agisoft Metashape 1.6.3, licença de avaliação, seguindo todas as etapas padrão para geração de ortofotos. O software QGIS versão 2.18.23 foi utilizado para realizar as avaliações agronômicas das ortofotos geradas. Para isto, foi calculado o Ground Level Image Analysis – GLI, $GLI = (2Rg - Rr - Rb) / (2Rg + Rr + Rb)$. Onde Rg, Rr e Rb são as reflectâncias das bandas verde, vermelho e azul, respectivamente.

Após a aplicação do índice GLI, as parcelas foram delimitadas e recortadas em imagens individuais para quantificação da porcentagem de cobertura vegetal. Para isto, as imagens foram classificadas de acordo com os valores do índice de vegetação utilizado, onde, foram considerados solo exposto e vegetação os pixels com valores de índice entre -1 e 0,10; e 0,10 e 1, respectivamente. Após as etapas de classificação, foram quantificadas as porcentagem de cada classe através da função r.report, tendo como resultado a % de solo exposto, % de vegetação (Figura 2).

Figura 2 - Processamento de imagens: Ortomosaico quinta avaliação(a), Imagem recodificada função r.record(b), Imagem GLI(c).



Fonte: Devesa, 2019.

Com os dados, foi aplicado 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 significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados de cobertura do solo contidos na Tabela 1, gerados pela quantificação com base nos índices de vegetação, podemos perceber a eficiência da técnica. Segundo Guimarães *et al.* (2021), a análise por meio de imagens RGB é eficaz para distinguir áreas com e sem cobertura vegetal, apresentando desempenho comparável ao NDVI em determinadas condições, principalmente em ambientes agrícolas.

As médias das porcentagens de cobertura das avaliações realizadas ao longo do período de estudo. Observa-se que houve diferenças significativas nas avaliações de 15, 30 e 45 dias após o corte. O capim Tanzânia obteve respectivamente aos dias citados médias 80,48%, 97,53 e 98,41 representando diferença significativa de cobertura do solo quando comparada às demais gramíneas, nesse mesmo período de avaliação o capim Massai com percentuais de 57,78%, 90,29%, 88,93%, Aruana com 65,7%, 94,59%, 93,31% e Mombaça com 4 valores de 65,78%; 90,04%; 89,78% não apresentaram diferença significativa pressupondo que em uma eventual escolha entre essas três gramíneas o desempenho na região seria o mesmo.

O capim que apresentou pior desempenho foi o Andropogon com médias de 44,25%; 75,05%; 77,35% nos dias após o corte, mostrando que apesar de ser bem adaptada a condições

adversas de clima e solo tem pouca eficiência na cobertura do solo da área que é fundamental para conservação das características físicas, químicas e biológicas do solo.

No comunicado Técnico da Embrapa Gado, o Capim Massai é superior ao Capim Tanzânia e ao Capim Mombaça com médias de 87%, 83% e 76% de cobertura do solo, evidenciando que é um fator de destaque para o Capim Massai (EMBRAPA, 2001). Já os resultados do trabalho que foi desenvolvido mostram que o capim que apresentou maior média de percentual de cobertura de solo foi justamente o capim Tanzânia com 92,14%, já o capim Massai e Mombaça apresentam estatisticamente médias semelhantes com 79% e 81,8% respectivamente.

Segundo Barbosa *et al.* (2006), relata que o capim Tanzânia tem sido bastante utilizado por possuírem excelentes características agronômicas, ter uma aceitabilidade significativa e bons índices de valores nutricionais, durante as avaliações do estudo observou-se uma porcentagem de cobertura do solo de cerca de 97%. Esse resultado foi bem semelhante ao obtido no período de 30 e 45 dias após o corte que apresentaram médias em torno de 97,53% e 98,41% respectivamente, valores estes que evidenciam que o capim Tanzânia possui diversas características tanto nutricionais quanto de proteção do solo contra processos erosivos que é uma das causas da degradação das áreas de pastagem.

Tabela 1- Médias de % de cobertura do solo para diferentes pastagens em tratamentos com e sem adubação mineral.

Pastagem	Percentual de Cobertura (%)		
	15 dias após o corte	30 dias após o corte	45 dias após o corte
Andropogon	44,25 b	75,05 b	77,35 b
Massai	57,78 ab	90,29 ab	88,93 ab
Tanzânia	80,48 a	97,53 a	98,41 a
Aruana	65,7 ab	94,59 ab	93,31 ab
Mombaça	65,78 ab	90,04 ab	89,78 ab
Efeito da adubação	Percentual de Cobertura (%)		
Adubado	73,27 a	95,79 a	95,92 a
Não adubado	52,32 b	83,28 b	83,19 b

Fonte: Devesa, 2019.

Quanto ao efeito da adubação sobre a porcentagem de cobertura do solo, observou-se que os tratamentos que receberam adubação foram superiores estatisticamente nos três períodos de corte, a adubação teve médias de percentual de cobertura do solo de 73,27%, 95,79% e 95,92% contribuindo para formação de estruturas vegetativas aumentando a área coberta, já o efeito de não adubação apresentou valores menores com médias de 52,32%, 83,28% e 83,19% nos respectivos 15, 30 e 45 dias após o corte. Para Barbosa *et al.* (2007), o uso de adubação mineral proporciona maior crescimento e cobertura do dossel forrageiro, o que tem impacto direto na proteção do solo e na sustentabilidade da produção pecuária.

4 CONCLUSÃO

Foi possível observar que dentre as gramíneas estudadas o capim Tanzânia foi a que teve maior destaque mostrando-se responder bem às características edafoclimáticas da região.

A adubação mineral proporcionou melhores resultados, refletindo em médias superiores de percentual de cobertura para os três períodos avaliados, apesar de não ter obtido dados que possibilite a interação entre gramíneas e adubação, as imagens adquiridas falam por si só no quesito que em cada parcela conseguimos evidenciar uma diferença entre áreas adubadas e não adubada de cada gramínea.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, *et al.* Dinâmica da pastagem e desempenho de novilhos em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*. R. **Bras.Zootec**, v. 35, n. 4, p.1594-1600, 2006.
- BARBOSA, R. A. *et al.* Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* submetidos à adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1014–1021, 2007.
- EMBRAPA Gado de corte. **Comunicado Técnico**. Capim-massai (*Panicum máximo* CV. Massai): Alternativa para diversificação de Pastagens. Campo Grande, MS,2001.
- GUIMARÃES, T. M. *et al.* Comparação entre NDVI e índices baseados em RGB para monitoramento de culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 4, p. 243–249, 2021.
- JACTO. 2018. Blog Jacto: **Agricultura 4.0: tudo o que você precisa saber**. Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/agricultura-4-0-tudo-o-que-voce-precisasaber/>. Acesso em: Março de 2020.
- PADOLFI, A. S.; RAMALDES, G. P.; SANTOS, O. L. Análise De Índice De Vegetação Através de Imagens Obtidas Por Vant. **Revista Científica da FAESA**, v.14, n.1, p.145-165, 2018
- ZONTA, J. H.; COSTA, A. G. F.; SOFFIATI, V. **Manejo e conservação do solo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2021.

CAPÍTULO 11

PLANILHA COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA PARA GESTÃO DE CUSTOS NA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Mayara Rodrigues Uchôa   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Eduardo Gabriel Silva Nogueira   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Viviane Castro dos Santos   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Leonardo de Almeida Monteiro   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.996 



Resumo: O avanço da tecnologia na agricultura trouxe melhorias significativas na produtividade, mas muitos produtores ainda enfrentam desafios no planejamento, especialmente quando se trata dos custos relacionados à mecanização. Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma planilha que ajudasse na tomada de decisões sobre a viabilidade de aquisição de tratores e implementos agrícolas, focando nos custos fixos e variáveis. A metodologia incluiu a elaboração de uma planilha com base em parâmetros como depreciação, juros sobre o capital investido, custos de abrigo e seguro, além de mão de obra, combustíveis, manutenção e graxas. Essa ferramenta permite calcular os custos por hora de operação com a possibilidade de ajustes conforme a realidade do produtor. Para validação da eficiência da planilha, foi aplicada uma questão-problema que foi resolvida manualmente e com a ajuda da planilha, e os participantes foram convidados a avaliar o nível de otimização do trabalho realizado. Os resultados demonstraram que a planilha proporcionou maior agilidade e eficiência, sendo bem recebida pelos usuários. Conclui-se que a ferramenta é acessível, útil para pequenos e médios produtores, e pode ser aprimorada para atender a outras necessidades da mecanização agrícola.

Palavras-chave: Planejamento. Tomada de decisão. Eficiência operacional.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura foi evoluindo com o passar dos séculos e a cada mudança novos patamares de produção eram alcançados, porém mesmo com essas mudanças ainda se encontram problemáticas relacionadas ao planejamento estratégico da produção agrícola. Um dos grandes desafios está relacionado aos custos, principalmente em relação a aquisição de máquinas e tecnologias embarcadas, pois o mal planejamento pode reduzir o lucro, gerar dívidas ou inviabilizar o processo de implementação da mecanização no campo.

Autores como Polo e Silva (2022), apontam que a tecnologia embarcada, como telemetria, sistemas de geolocalização e de sistemas de distribuição de insumos refinados, que auxiliam no momento da colheita, mostrando em tempo real fatores de relevância, e ainda aumentando a produtividade ainda dependem de um bom planejamento prévio principalmente no quesito financeiro.

Soares (2022) menciona que sistemas de informação agrícolas fechados, a exemplo o Excel, apesar de não serem tão comuns, tem uma grande importância para um bom planejamento agrícola. Utilizados comumente no período pré-colheita, controlando custos, aquisições e colocando em evidência possíveis problemáticas que possam acontecer, ou estão acontecendo, bem como auxiliar a tomada de decisão sobre como resolver uma problemática ou qual deve ser priorizada.

Além disso, trabalhos como o de Bastos (2021), contribuem para fortalecer o melhor uso do Excel, sendo uma ferramenta diferencial para a produção, visto que se usada de forma correta pode ajudar a evidenciar fatores importantes no planejamento, como controle de gastos, tempo para realizar dada operação, obtenção de lucro ou prejuízos para pequenos e médios produtores. Além disso, a pesquisa de Dias, Andrade e Gomes Filho (2019), confirma que existe carência na utilização de ferramentas de gestão nesse meio.

Outro detalhe ímpar, se dá ao observar a versatilidade da ferramenta, trabalhos como o de Gomes (2020), Monteiro Filho (2019) e Lizot (2018), abordam o uso da mesma ferramenta com diferentes abordagens, em prol da melhor eficiência no gerenciamento agrícola, claro que mantendo suas especificidades em cada situação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A planilha foi desenvolvida para auxiliar e dar celeridade na tomada de decisão na implementação de máquinas em uma dada área, levando em consideração os fatores referentes a custos. Ela foi feita no Windows 10, usando o programa Excel como base, visto que o mesmo pode ser usado em outras plataformas, bem como outros dispositivos, como smartphones, tablets, notebooks dentre outros. Outra vantagem é a possibilidade de uso sem necessariamente o uso da internet, desde que tenha a planilha baixada no dispositivo, ou ainda ser modificada pelo usuário conforme suas necessidades.

Essa ferramenta leva em consideração fatores de custos, seja do trator ou equipamento agrícola, podendo ser calculada de forma individual ou em conjunto e permitindo que o usuário tome decisões mais assertivas conforme encontra resultados, melhorando a tomada de decisão. Os fatores levados em consideração para esses cálculos são: os custos variáveis e os custos invariáveis, sejam para tratores ou para os implementos agrícolas ou ainda para a aquisição de ambos.

Começando pelos fatores fixos, esses que são calculados da mesma forma seja para tratores ou para implementos, são:

- 1) Depreciação;
- 2) Juros sobre o capital investido;
- 3) Abrigo + seguro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A planilha foi organizada conforme mostra a Figura 1 a Figura 4.

Figura 1 – Custos fixos para trator.

CUSTOS FIXOS				TRATOR
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano			
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00			
Vida útil:	10 anos			
1. DEPRECIÇÃO:				Custo Horário
Valor de sucata:	R\$ 30.000,00			R\$ 1,20 /h
Total:	R\$ 12.000,00 /Ano			
2. JUROS SOBRE O CAPITAL INVESTIDO PARA O TRATOR:				Custo Horário
Taxa (Anual):	6,00% ao Ano			R\$ 0,90 /h
Taxa (Mensal média):	0,50 % ao Mês			
Tipo de juros:	Juros simples	Juros simples	R\$ 9.000,00 /Ano	
		Juros compostos	R\$ 9.251,67 /Ano	
Tempo:	12 Meses			
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00			
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano			
3. ABRIGO + SEGURO:				Custo Horário
Valor do Abrigo:	R\$ 10.000,00 /Ano	Total:		
Valor do Seguro:	R\$ 3.000,00 /Ano	R\$ 13.000,00 /Ano		
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano			R\$ 1,30 /h
Sub - Total:				R\$ 3,40 /h
Custos Fixos + Variáveis do trator:			R\$ 116,81	

Fonte: Autores, 2025.

Figura 2 – Custos variáveis para trator.

CUSTOS VARIÁVEIS			
4. MÃO DE OBRA:			Custo Horário
Salário do Operador:	R\$ 2.000,00		R\$ 12,50 /h
Encargos sociais:	R\$ 300,00		
Dias trabalhados por mês:	23 Dia/mês		
Horas trabalhadas por dia:	8 Hora/Dia		
5. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL:			Custo Horário
Preço por litro de Diesel:	R\$ 8,00 /L		R\$ 80,00 /h
Potência Nominal:	100 cv		
Consumo Médio	10,00 L/h		
6. CONSUMO DE LUBRIFICANTE:			Custo Horário
Preço por litro de Lubrificante:	R\$ 300,00 /L		R\$ 19,41 /h
Consumo médio:	0,06469 L/h		
Potência Nominal:	100 cv		
7. MANUTENÇÃO:			Custo Horário
Taxa de Manutenção:	6,00 % ao Ano		R\$ 0,90 /h
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00		
Valor da taxa:	R\$ 9.000,00 /Ano		
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano		
8. CONSUMO MÉDIO DE GRAXA:			Custo Horário
Custo de Kg de Graxa:	R\$ 12,00		R\$ 0,60 /h
Consumo Médio:	0,05 kg/h		
Sub - Total:			R\$ 113,41 /h

Fonte: Autores, 2025.

Figura 3 – Custos fixos para implemento.

EQUIPAMENTO			
CUSTOS FIXOS			
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano		
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00		
Vida útil:	10 anos		
9. DEPRECIÇÃO:			Custo Horário
Valor de sucata:	R\$ 30.000,00		R\$ 1,20 /h
Total:	R\$ 12.000,00 /Ano		
10. JUROS SOBRE O CAPITAL INVESTIDO PARA O EQUIPAMENTO:			Custo Horário
Taxa (Anual):	6,00% ao Ano		R\$ 0,90 /h
Taxa (Mensal Média):	0,50 % ao Mês		
Tipo de juros:	Juros simples	Juros simples	R\$ 9.000,00 /Ano
		Juros compostos	R\$ 159.251,67 /Ano
Tempo:	12 Meses		
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00		
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano		
11. ABRIGO + SEGURO:			Custo Horário
Valor do Abrigo:	R\$ 10.000,00 /Ano	Total:	
Valor do Seguro:	R\$ 3.000,00 /Ano	R\$ 13.000,00 /Ano	
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano		R\$ 1,30 /h
Sub - Total:			R\$ 3,40 /h

Fonte: Autores, 2025.

Figura 4 – Custos variáveis para implemento.

EQUIPAMENTO			
CUSTOS VARIÁVEIS			
12. CONSUMO MÉDIO DE GRAXA:			Custo Horário
Custo de Kg de Graxa:	R\$ 0,00		R\$ 0,00 /h
Consumo Médio:	0,05 kg/h		
13. MANUTENÇÃO:			Custo Horário
Taxa:	0,00% ao Ano		R\$ 0,00 /h
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00		
Valor da taxa:	R\$ 0,00 /Ano		
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano		
Sub - Total:			R\$ 0,00 /h
Custos Fixos + Variáveis do equipamento:		R\$ 3,40 /h	
14. PREÇO PARA ALUGUEL:			
Margem de lucro:	30%		
Valor do lucro:	R\$ 36,06 /h		
Trator + equipamento:	R\$ 120,21 /h		
Preço para aluguel:	R\$ 156,27 /h		

Fonte: Autores, 2025.

Inicialmente é necessário o levantamento de informações básicas, como número de horas trabalhadas por ano, valor de aquisição da máquina, o tempo de vida útil do trator, valor de sucata, taxa de juros, tipo de juros aplicado a um investimento, valores da construção de abrigo e do seguro.

Algumas dessas informações podem estar no manual, outras devem ser encontradas individualmente através de pesquisas. Essas informações serão os fatores que poderemos manipular à vontade para construir os resultados da planilha visto que podem variar de situação em situação, serão marcados em azul, já valores que serão fixos ficarão pintados em cinza. A partir disso iniciam-se os cálculos com o primeiro fator, a depreciação, conforme Figura 5.

Figura 5 – Demarcação e depreciação.

CUSTOS FIXOS				
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano			
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00			
Vida útil:	10 anos			
1. DEPRECIÇÃO:				Custo Horário
Valor de sucata:	R\$ 30.000,00			R\$ 1,20 /h
Total:	R\$ 12.000,00 /Ano			

Fonte: Autores, 2025.

A depreciação foi calculada da seguinte forma:

$$\frac{(\text{Valor de aquisição} - \text{Valor de sucata})}{\text{tempo de vida útil}}$$

Após tal resultado divide-se pelo número de horas trabalhadas para obter-se o valor da depreciação para cada hora de trabalho.

Com relação aos juros sobre o capital investido, devemos usar a taxa anual de juros vigente como base, ela será dividida em doze para obtenção de taxa mensal, e então seleciona-se o regime de juros a se calcular, simples ou compostos dados pelas fórmulas:

$$\text{Juros simples} = \text{Valor de aquisição} \times \text{taxa mensal} \times \text{tempo (Fixo em 12 meses)}$$

$$\text{Juros compostos} = (\text{Valor de aquisição} \times (1 + \text{taxa mensal})^{\text{Tempo}})$$

Com esse resultado o valor de juros por hora trabalhada é obtido, dividindo-se o valor de juros anual pelas horas trabalhadas, como mostra a figura 6.

Figura 6 – Juros sobre o capital investido.

2. JUROS SOBRE O CAPITAL INVESTIDO PARA O TRATOR:				Custo Horário
Taxa (Anual):	6,00% ao Ano			R\$ 0,90 /h
Taxa (Mensal média):	0,50 % ao Mês			
Tipo de Juros:	Juros simples	Juros simples	R\$ 9.000,00 /Ano	
		Juros compostos	R\$ 9.251,67 /Ano	
Tempo:	12 Meses			
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00			
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano			

Fonte: Autores, 2025.

O abrigo e o seguro podem variar dependendo da região, normalmente soma-se os valores individuais e os divide pelo número de horas trabalhadas por ano, chegando resultado de seu custo por hora, após isso temos o subtotal, que consiste na soma desses fatores, como mostra a figura 7.

Figura 7 – Abrigo+Seguro.

3. ABRIGO + SEGURO:				Custo Horário
Valor do Abrigo:	R\$ 10.000,00 /Ano	Total:		
Valor do Seguro:	R\$ 3.000,00 /Ano	R\$ 13.000,00 /Ano		
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano			R\$ 1,30 /h
Sub - Total:				R\$ 3,40 /h
Custos Fixos + Variáveis do trator:			R\$ 116,81	

Fonte: Autores, 2025.

Nos custos variáveis há uma diferenciação na forma de obtenção desses valores para tratores e implementos, que serão abordados de forma individual começando pelos tratores.

Nos tratores os custos variáveis podem ser com mão de obra, consumo de combustíveis, óleos lubrificantes, manutenção e graxas. Iniciando pela mão de obra, que consiste no salário do operador, encargos sociais, dias trabalhados e horas trabalhadas por dia, tem-se:

$$\frac{(\text{Salário do operador} + \text{Encargos sociais})}{(\text{Dias trabalhados por mês} \times \text{Número de horas trabalhadas por dia})}$$

Com isso obtém-se o custo de uma hora de trabalho com mão de obra como mostra a figura 8.

Figura 8 – Cálculo do Custo horário da mão de obra.

4. MÃO DE OBRA:			Custo Horário
Salário do Operador:	R\$ 2.000,00		R\$ 12,50 /h
Encargos sociais:	R\$ 300,00		
Dias trabalhados por mês:	23 Dia/mês		
Horas trabalhadas por dia:	8 Hora/Dia		

Fonte: Autores, 2025.

O consumo de combustível é obtido ao multiplicar a potência nominal do trator por 0,1 para obter-se o consumo médio, multiplicando-se o consumo médio pelo valor do litro do diesel obtém-se o valor gasto com combustível em uma hora de trabalho, como mostra a figura 9.

Figura 9 – Consumo de Combustível.

5. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL:			Custo Horário
Preço por litro de Diesel:	R\$ 8,00 /L		R\$ 80,00 /h
Potência Nominal:	100 cv		
Consumo Médio	10,00 L/h		

Fonte: Autores, 2025.

O consumo de óleos lubrificantes por hora trabalhada é obtido da seguinte forma:

$$(\text{Preço do litro do óleo lubrificante} \times 0,00043) + 0,02169$$

Obtendo assim o consumo médio, em seguida multiplicamos esse resultado, pela potência nominal para enfim obter o resultado de interesse, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Consumo de óleos lubrificantes.

6. CONSUMO DE LUBRIFICANTE:			Custo Horário
Preço por litro de Lubrificante:	R\$ 300,00 /L		R\$ 19,41 /h
Consumo médio:	0,06469 L/h		
Potência Nominal:	100 cv		

Fonte: Autores, 2025.

Para a manutenção, no cálculo é considerada uma taxa percentual em cima do valor de aquisição do trator, ficando entre quatro e seis por cento, ao defini-la será gerado um valor por ano que ao ser dividida pelo número de horas trabalhadas vai gerar o custo de manutenção em uma hora de trabalho conforme Figura 11.

Figura 11 – Valor para manutenções.

7. MANUTENÇÃO:			Custo Horário
Taxa de Manutenção:	6,00 % ao Ano		R\$ 0,90 /h
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00		
Valor da taxa:	R\$ 9.000,00 /Ano		
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano		

Fonte: Autores, 2025.

Por fim o consumo de graxa, que nada mais é que o valor do quilo da mesma dividida pelo seu consumo médio conforme Figura 12.

Figura 12 – Consumo de graxa.

8. CONSUMO MÉDIO DE GRAXA:			Custo Horário
Custo de Kg de Graxa:	R\$ 12,00		R\$ 0,60 /h
Consumo Médio:	0,05 kg/h		
Sub - Total:			R\$ 113,41 /h

Fonte: Autores, 2025.

Esses valores de custos por hora de cada fator são, em seguida, somados aos valores de custos fixos para serem usados posteriormente, bem como acontecerá com os custos variáveis. São apenas dois custos variáveis presentes nos implementos, que são calculados de forma igual aos tratores, consiste no consumo de graxa e a taxa de manutenção, figura 13.

Figura 13 – Custos variáveis de implemento.

CUSTOS VARIÁVEIS			
12. CONSUMO MÉDIO DE GRAXA:			Custo Horário
Custo de Kg de Graxa:	R\$ 0,00		R\$ 0,00 /h
Consumo Médio:	0,05 kg/h		
13. MANUTENÇÃO:			Custo Horário
Taxa:	0,00% ao Ano		R\$ 0,00 /h
Valor de aquisição:	R\$ 150.000,00		
Valor da taxa:	R\$ 0,00 /Ano		
Nº de horas trabalhadas/ano:	10000 h/Ano		
Sub - Total:			R\$ 0,00 /h
Custos Fixos + Variáveis do equipamento:		R\$ 3,40 /h	

Fonte: Autores, 2025.

Em seguida os valores de custos fixos e variáveis são somados para trator e equipamento, detalhe, é possível ser calculado individualmente, sendo necessário apenas deixar o fator em branco, seja o trator ou equipamento. Já na última parte da planilha no lado esquerdo é possível valor para aluguel no qual pode-se definir uma margem de lucro, como mostra a Figura 14

Figura 14 – Preço para possível aluguel.

14. PREÇO PARA ALUGUEL:	
Margem de lucro:	30%
Valor do lucro:	R\$ 36,06 /h
Trator + equipamento:	R\$ 120,21 /h
Preço para aluguel:	R\$ 156,27 /h

Fonte: Autores, 2025.

Finalizada a planilha, a mesma foi disponibilizada para avaliação, tanto para o meio acadêmico quanto para pessoas já inseridas no mercado de planejamento mecanização agrícola, junto com uma questão problema que deveria ser resolvida de forma manual e, em seguida, usando a ferramenta. Após a resolução foi perguntado aos participantes se sentiam alguma diferença no tempo de resolução entre os métodos.

Os participantes então descreveram usando uma escala de níveis, indo do zero ao seis o quanto perceberam essa otimização, sendo nível zero a falta de otimização, ou seja, a planilha se comparada ao método manual não traz nenhuma melhoria, e no nível cinco o oposto, a otimização máxima, ou seja, a planilha traz eficiência e supera completamente o método manual, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Nível de otimização.



Fonte: Autores, 2025.

4 CONCLUSÃO

A planilha apresentou um bom desempenho com relação a sua proposta de auxiliar e dar celeridade ao processo de obtenção de custos na mecanização agrícola, além disso apresenta fácil acesso e uso. É perceptível o potencial da ferramenta, com aplicabilidade tanto para produtores rurais quanto para profissionais do meio acadêmico. A mesma pode sofrer alterações e melhorias

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

aplicadas bem como ser utilizada como base para o desenvolvimento de novas planilhas para auxiliar em outros aspectos do planejamento agrícola, como desempenho operacional, dimensionamento e gerenciamento de frota.

Agradecimentos e financiamento

À Universidade Federal do Ceará, ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e a FUNCAP pela bolsa de fomento.

REFERÊNCIAS

- POLO, R.; SILVA, R.A. **Mecanização agrícola**. 2022. Trabalho de conclusão de curso. (Técnico em agropecuária) - Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Correia Júnior. Franca, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/12649>. Acesso em: 06 out. 2025.
- SOARES, W. R. **Automação agrícola: controle do processo operacional e gerencial da colheita mecanizada**. 2022. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Faculdade de zootecnia e engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassunga, 2022. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74134/tde-15082022-155035/pt-br.php>. Acesso em: 06 out. 2025.
- BASTOS, T. E. F. **Proposta de ferramenta de gestão de custos para a Bananicultura nortemineira**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional, Faculdade de Gestão e Negócios, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32681>. Acesso em: 20 out, 2025.
- DIAS, C. E; ANDRADE, M. T. A; FILHO. A. dos. S. G. Contabilidade Rural: Um estudo com Pequenos Produtores Rurais do Sítio Barra no Município de Orós, Ceará-Brasil. **Id on line Revista de psicologia. Pernambuco**. v. 13 n. 43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/idonline.v13i43.1489>.
- GOMES, A. B; PRIMO, J. A. C; SOUZA, I. B; SABBAG, O. J. Desenvolvimento de Planilha Automatizada para o Gerenciamento de Propriedades Rurais. **Revista fsa. Teresina**, v. 17 n. 3, 2020. Disponível em: <http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/fsa/article/view/1975>. Acesso em: 20 out. 2025.
- MONTEIRO FILHO, A. D. **Elaboração de ferramenta de gestão financeira para empreendimentos rurais apoiados pela incubadora IACOC**. 2019. 63 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas Agroindustriais) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/4934?locale-attribute=fr>. Acesso em: 14 out. 2025.

LIZOT, M. *et al.* Aplicações de um modelo de gestão de custos para tomada de decisão no agronegócio familiar. Pernambuco. **Custos e agronegócio**, v. 14, 2018. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/quarenta%20e%20nove.html>. Acesso em: 06 out. 2025.

CAPÍTULO 12

VIABILIDADE DE SENSORES METEOROLÓGICOS DE BAIXO CUSTO NA AGRICULTURA

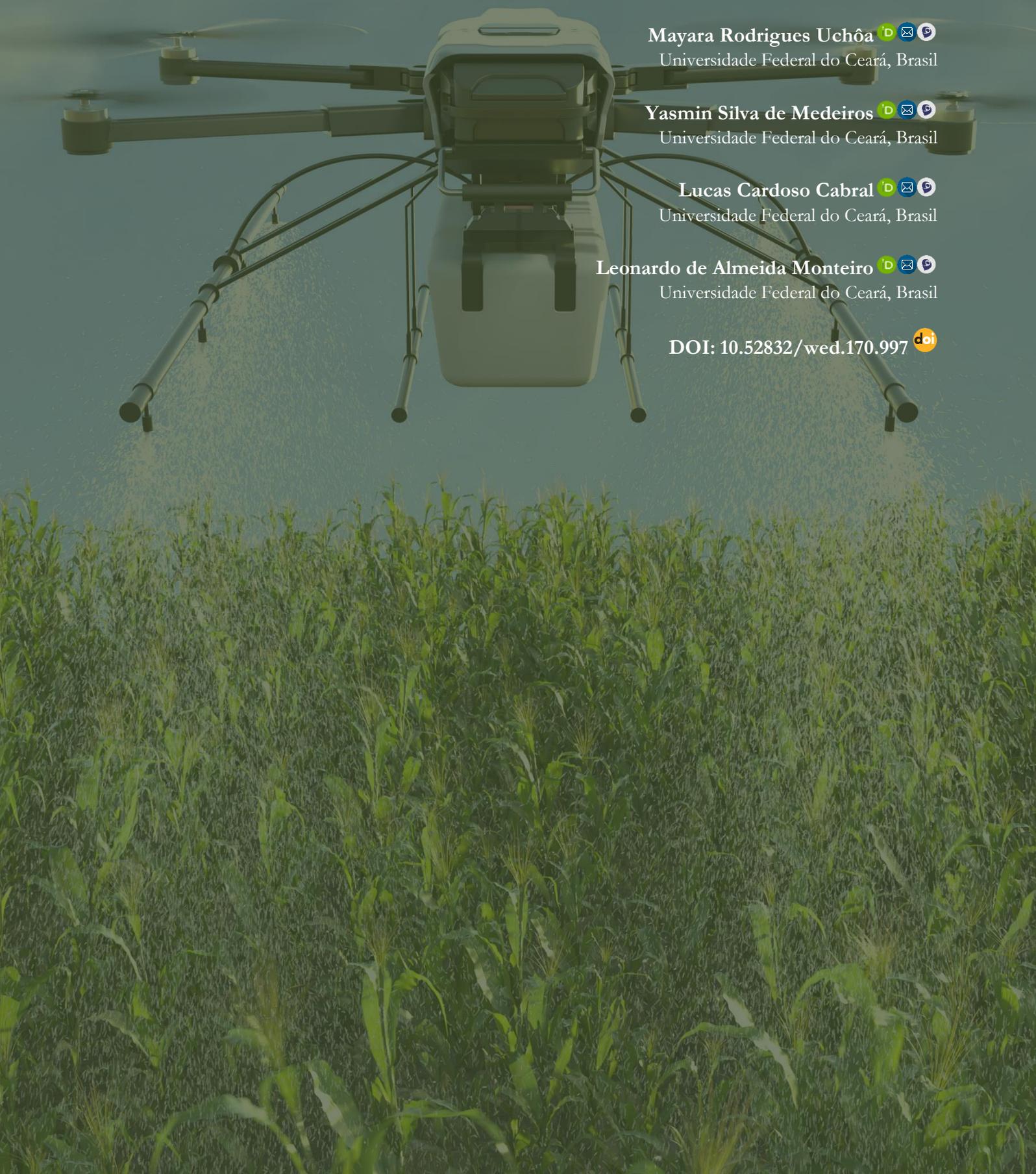
Mayara Rodrigues Uchôa   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Yasmin Silva de Medeiros   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Lucas Cardoso Cabral   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Leonardo de Almeida Monteiro   
Universidade Federal do Ceará, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.997 



Resumo: Na agricultura fatores ambientais como temperatura, precipitação, umidade, radiação solar e vento, são determinantes na produção. Esses fatores influenciam por exemplo nas operações de aplicações de defensivos, que para obterem um bom êxito, as variáveis ambientais precisam estar dentro das condições ideais. Em temperaturas muito altas, por exemplo, as plantas diminuem o seu metabolismo, o que pode reduzir a absorção dos herbicidas diminuindo sua eficácia, ao passo que umidade do ar muito baixa ocasiona evaporação também mais rápida, de modo que a gota pode acabar não chegando no alvo, comprometendo o controle das pragas. Para isso, o uso de sensores meteorológicos na agricultura vem sendo amplamente utilizado, pois auxilia nessa coleta de informações de forma precisa, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos e melhorando a produtividade.

Palavras-chave: Mecanização. Microcontroladores. Monitoramento climático. Tecnologia embarcada.

1 INTRODUÇÃO

Por anos as civilizações sobreviveram aplicando ferramentas simples para o cultivo, mas desde o século passado, percebe-se necessária a adoção de tecnologias para aumentar a produtividade. Uma dessas tecnologias são os sensores meteorológicos que auxilia o agricultor na tomada de decisão sobretudo nas questões relacionadas a aplicação de insumos e defensivos.

A agricultura de precisão é o somatório de tecnologias e técnicas que permitem o manejo com maior riqueza de informações das lavouras, considerando inúmeras variáveis do solo e do clima. Com o uso de GPS, sensores e drones, os técnicos e agrônomos podem tomar decisões mais assertivas, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade. Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), com a utilização da agricultura de precisão, o produtor rural, seja pequeno, médio ou grande, consegue ter um aumento de até 29% na produtividade e uma redução média de 23% nos gastos com insumos. Além desses benefícios, a produção passa a ser mais sustentável a partir do uso racional de fertilizantes e produtos fitossanitários (Abreu, 2021).

Os sensores agrometeorológicos são usados para monitorar e adquirir dados sobre variáveis climáticas e ambientais que são necessárias para a produção agrícola. Como por exemplo poder visualizar em tempo real dados climáticos que auxiliam no monitoramento e na resposta ao aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, como secas, chuvas intensas, inundações e temperaturas extremas (Idbella *et al.*, 2020). Desempenham um papel no fornecimento de informações precisas e em tempo real para os agricultores, auxiliando na tomada de decisões sobre manejo de culturas, irrigação, controle de pragas e doenças, também cooperando no uso da tecnologia de aplicação. Ao integrar dados de clima e solo, os sensores agrometeorológicos podem melhorar a eficiência, eficácia e a sustentabilidade da agricultura, otimizando o uso de recursos naturais e aumentando a produtividade.

Existem diversos tipos de sensores agrometeorológicos, no mercado podemos encontrar diversos como por exemplo GPS (GPS PORTATIL GARMIN ETREX SE), também podemos

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

encontrar produtos que somam duas tecnologias como é o caso do Termo-Luxímetro Digital Hobo com Data Logger MX2202, este que é um dispositivo que mede temperatura e luminosidade do local e também temos o caso de ter estações meteorológicas inteiras a venda, combinando elementos que são da necessidade do produtor e do cliente como por exemplo a Estação Meteorológica AmbientWeather WS-2000.

A urgência da utilização dos sensores agrometeorológicos cresce cada vez mais, principalmente em vista dos desafios impostos pelas mudanças que estão acontecendo nos últimos tempos no nosso planeta e pela necessidade de uma agricultura mais eficiente e sustentável. Além disso, esses sensores são a ponta dos estudos com a agricultura de precisão, tendo em vista que toda a cadeia de dados essenciais a serem analisadas e monitoradas começam neles.

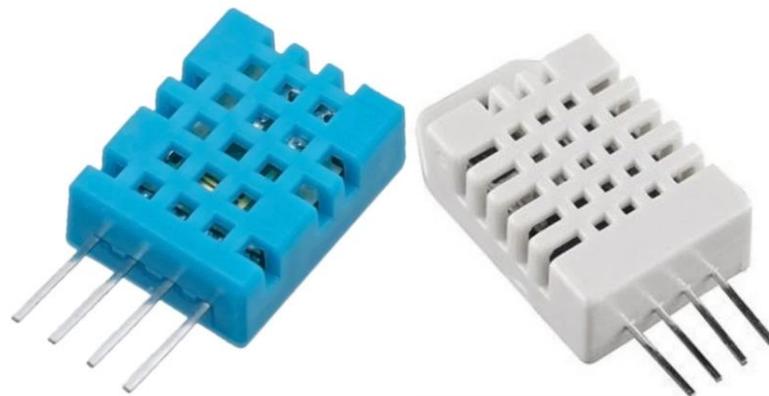
Contudo, o alto custo de tecnologias voltadas para pulverização agrícola impede que pequenos produtores com menor poder aquisitivo adquiram-nas. A aplicação de defensivos deve ser realizada com o máximo de eficiência, pois além de representar parte significativa dos custos com a produção agrícola, oferece riscos ao meio ambiente. Sendo assim, o uso de sensores meteorológicos de baixo custo disponibiliza ao pequeno produtor uma tecnologia acessível que o auxilia na aplicação de defensivos, aumentando rendimento, diminuindo desperdícios e garantindo uma produção sustentável.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a precisão de dois sensores de baixo custo DHT11 e DHT22, que avaliam as grandezas de umidade e temperatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os sensores DHT11 e DHT22 (Figura 1), de temperatura e umidade alimentados com tensões 3.3V e 5V.

Figura 1 - Módulo Sensor de Temperatura e Umidade DHT11 e DHT22, respectivamente.



Fonte: Auto Core (2024).

O sensor DHT22 é um sensor digital composto por um sensor capacitivo de umidade e um termistor conectados a um controlador de 8 bits que é responsável por produzir o sinal digital serial. Ele mede tanto a temperatura como a umidade de forma instantânea e simultânea. Já o sensor DHT11 mede temperaturas da faixa de 0 a 50°C e umidade de 20 a 90%. Sua comunicação com a placa microcontrolada seja ela arduino, raspberry, pic ou outra é feita através de apenas um pino de sinal, possui diversas aplicações onde se faz necessário o sensoriamento confiável de temperatura e umidade.

Especificações do sensor DHT11:

- Modelo: DHT11;
- Tensão de alimentação: 3,3V a 5V DC.
- Faixa de medição de temperatura: -20°C a 60°C;
- Precisão da medição de temperatura: $\pm 2^\circ\text{C}$;
- Faixa de medição de umidade: 5% a 95% de umidade relativa;
- Precisão da medição de umidade: $\pm 5\%$ de umidade relativa;
- Corrente de operação modo Sleep: 60 μA ;
- Corrente de operação durante medição: 1mA;
- Saída de sinal: Sinal digital calibrado;
- Tempo de resposta: Cerca de 2 segundos para temperatura e umidade;
- Dimensões: 22 x 12 x 5mm;
- Peso: 2g.

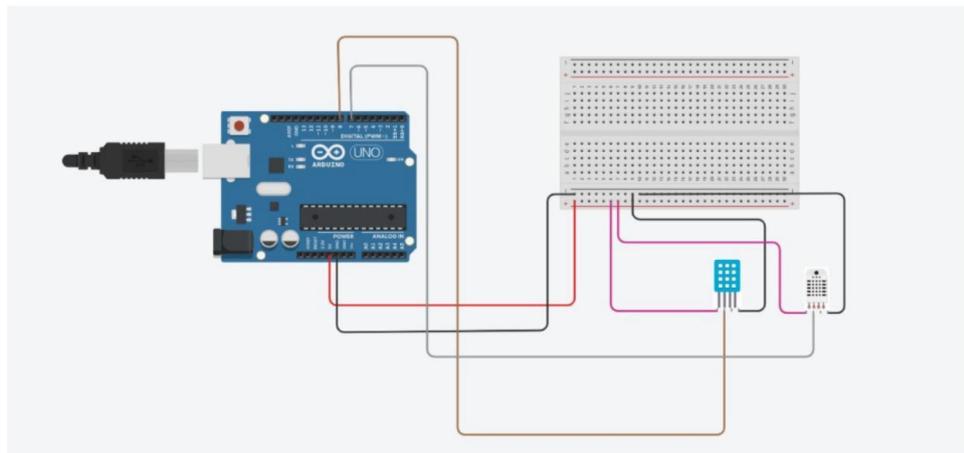
Especificações do sensor DHT22:

- Modelo: AM2302 (DHT22 ou RHT03);
- Tensão de operação: 3 V - 5 V DC (5.5 V DC máximo);
- Corrente máxima durante uso: 2,5 mA;
- Corrente em em stand by: de 100 uA a 150 uA;
- Faixa de medição de umidade: 0 a 100% UR;
- Precisão de umidade de medição: $\pm 2,0\%$ UR;
- Faixa de medição de temperatura: -40° a +80°C;
- Precisão de medição de temperatura: $\pm 0,5^\circ\text{C}$;
- Resolução: 0.1;
- Tempo de resposta: 2s;
- Dimensões: 25 mm x 15.7 mm (sem terminais).

O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Maquinas Agrícolas (LIMA), pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici – DENA/CCA/UFC. Este está situado a 3° 44' 47.16" latitude Sul e 38° 34' 52.20" longitude Oeste, na cidade de Fortaleza, Ceara.

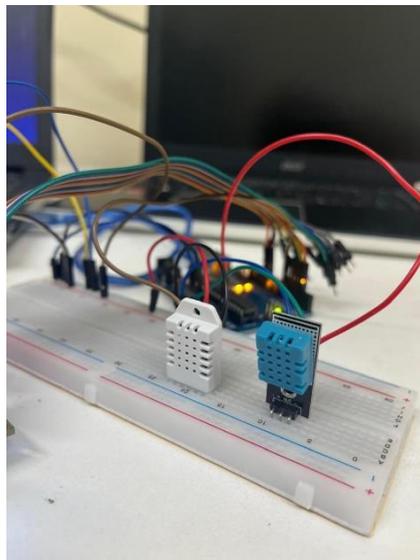
Os sensores DHT11 e DHT22 foram conectados em um microcontrolador Arduino, conectado a um notebook com o Arduino IDE instalado, conforme Figuras 2 e 3.

Figura 2 – Demonstração do circuito eletrônico com os sensores DHT11 e DHT22.



Fonte: Autores, 2025.

Figura 3 – Montagem do circuito eletrônico com os sensores DHT11 e DHT22 em laboratório.

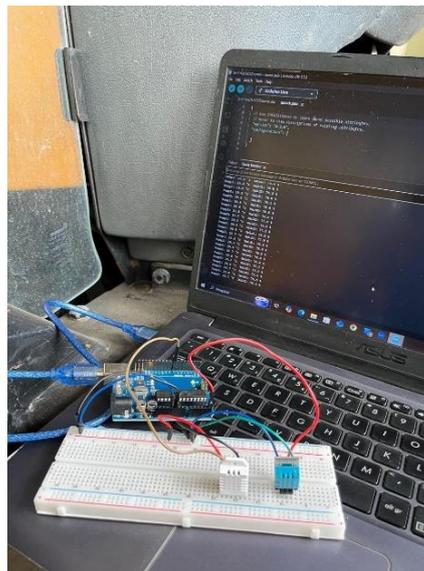


Fonte: Autores, 2025.

Na condução do experimento, o circuito com os sensores, foi acoplado a um trator VALTRA modelo BM 120, 4x2 TDA (Figura 4) de 88,3 kW (120 cv), equipado com pneus Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

diagonais 14.9-24 R-1 no eixo dianteiro e pneus diagonais 18.4-34 R-1 10 no eixo traseiro, em rotação fixa do motor de 1860 rpm. Para velocidade de deslocamento do trator, foram utilizadas as marchas L1, L2, L3, L4, H1 e H2, a fim de verificar a influência do movimento da máquina e da velocidade do vento sobre esses sensores. Ao fim, os resultados obtidos foram comparados com os dados da estação agro meteorológica (testemunha) da Universidade Federal do Ceará (UFC), a fim de verificar precisão de leituras desses sensores.

Figura 4 – Montagem do circuito eletrônico com os sensores DHT11 e DHT22 em campo.



Fonte: Autores, 2025.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, é possível verificar as leituras da estação e dos sensores:

Tabela 1 – Leituras de Temperatura e umidade da estação e dos sensores.

SENSOR	UMIDADE SENSOR	TEMPERATURA SENSOR	UMIDADE ESTAÇÃO	TEMPERATURA ESTAÇÃO	HORÁRIO
DHT11	80.0%	29.3 °C	82.0%	28.5 °C	09:31h
DHT22	83.3%	28.9 °C			
DHT11	80.0%	29.3 °C	79.0%	28.5 °C	09:40h
DHT22	82.3%	28.9 °C			
DHT11	68.0%	33.0 °C	76.0%	30.1 °C	09:46h
DHT22	75.1 %	31.0 °C			
DHT11	69.0%	32.3 °C	75.0%	31.5 °C	09:56h
DHT22	73.9%	30.9 °C			
DHT11	62.0%	33.3 °C	63.0%	31.7 °C	10:09h
DHT22	67.8%	32.0 °C			

Fonte: Autores, 2025.

Na tabela 2, é possível verificar a estatística descritiva dos dados:

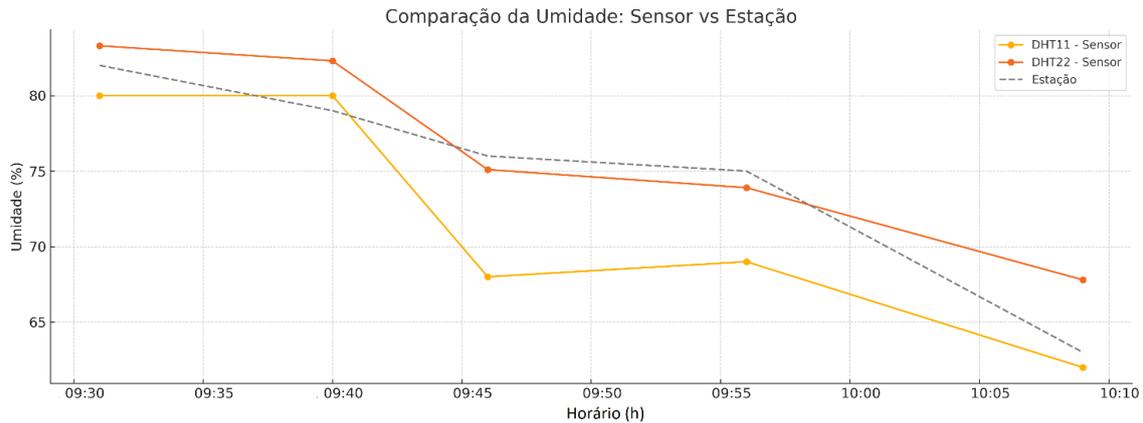
Tabela 2 – Estatística descritiva dos dados.

SENSOR	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	DESVIO PADRÃO TEMP. (°C)	UMIDADE MÉDIA (%)	DESVIO PADRÃO UMIDADE (%)
DHT11	31,44 °C	1,99	71,80%	7,95
DHT22	30,34 °C	1,38	76,48%	6,41
ESTAÇÃO	30,06 °C	1,55	75,00%	7,25

Fonte: Autores, 2025.

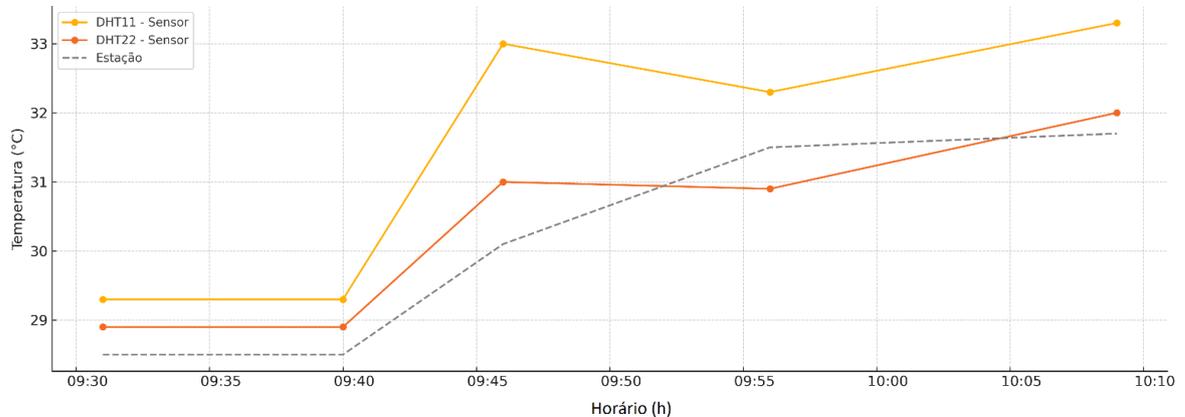
As figuras 5 e 6 apresenta a comparação das leituras de umidade relativa do ar dos sensores DHT11 e DHT22 em relação aos dados da estação de referência.

Figura 5 – Leitura sensores x Estação de referência - Umidade.



Fonte: Autores, 2025.

Figura 6 – Leitura sensores x Estação de referência – Temperatura.



Fonte: Autores, 2025.

A análise estatística demonstrou que o sensor DHT22 apresentou maior estabilidade nas leituras, evidenciada por menores desvios padrão tanto para temperatura quanto para umidade. Já o DHT11, apesar de apresentar médias próximas, mostrou maior dispersão nos dados, especialmente na medição de temperatura. Essa maior variabilidade pode estar associada à sua menor resolução interna e maior sensibilidade a mudanças rápidas no ambiente, como vento e deslocamento do trator.

Ambos os sensores mostraram uma tendência de superestimar a temperatura em relação à estação de referência. Por exemplo, no horário das 09:31h, a estação indicava 28,5 °C, enquanto o DHT11 registrava 29,3 °C e o DHT22, 28,9 °C. Esse comportamento pode ser explicado pela sensibilidade dos sensores à superfície aquecida, como o próprio trator, além da menor proteção

contra radiação solar direta. Por outro lado, os valores de umidade tendem a ser ligeiramente inferiores aos da estação oficial, sobretudo no DHT11.

Em aplicações agrícolas de monitoramento climático, especialmente em sistemas móveis ou em pulverizações assistidas por sensores, a confiabilidade dos dados é fundamental. O DHT22 demonstrou ser mais adequado para esse tipo de aplicação, pois fornece medidas mais estáveis e próximas da referência. O DHT11, embora mais barato, mostrou-se mais limitado, sendo recomendável seu uso apenas em situações em que uma menor precisão é aceitável.

Esses resultados reforçam a importância de validar sensores de baixo custo em condições reais de uso, principalmente quando se busca aplicabilidade prática na agricultura de precisão. Embora ambos os sensores possam fornecer dados úteis, a escolha adequada deve considerar o equilíbrio entre custo, precisão e robustez frente às condições de campo.

4 CONCLUSÃO

O sensor DHT11 tendeu a superestimar a temperatura quando comparado com a estação meteorológica. Isso pode ser um sinal de que ele sofre mais interferência com a variação do ambiente (como radiação solar, fluxo de ar e movimento do trator).

O sensor DHT22 se mostrou mais preciso, aproximando-se mais dos valores da estação meteorológica, mesmo com o trator em movimento. O DHT11 apresentou queda brusca de umidade nas últimas medições, o que pode indicar sensibilidade a agentes externos como o vento.

O sensor DHT22 demonstrou melhor desempenho em precisão, estabilidade e confiabilidade nas leituras de temperatura e umidade quando comparado ao DHT11. Isso o torna mais apropriado para aplicações agrícolas que exigem maior rigor nos dados meteorológicos. O DHT11 pode ser utilizado em contextos menos exigentes, como projetos educacionais ou monitoramento doméstico, onde pequenas imprecisões não comprometem o resultado.

Agradecimentos e financiamento

À Universidade Federal do Ceará, ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e a FUNCAP pela bolsa de fomento.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. **Com agricultura de precisão, produtores rurais alcançam até 29% de aumento na produtividade.** CNA Brasil, maio 2021. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/noticias/com-agricultura-de-precisao-produtores-rurais-alcancam-ate-29-de-aumento-na-productividade>. Acesso em: 27 fev. 2025.

AL., A. *et al.* Design of monitoring system temperature and humidity using dht22 sensor and nrf24l01 based on arduino. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 2421, p. 012018, 2023. Acesso em: 11 mar. 2025.

IDBELLA, M.; IADARESTA, M.; GAGLIARDE, G.; MENNELLA, A.; MAZZOLENI, S.; BONANOMI, G. Agrilogger: A new wireless sensor for monitoring agrometeorological data in areas lacking communication networks. **MDPI Sensors**, v. 20, n. 6, p. 1589, 2020.

CAPÍTULO 13

LEVANTAMENTO FLORÍSTICO DE FRUTÍFERAS NATIVAS NO CERRADO SUL MARANHENSE

Luis Eduardo da Silva   

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

Vanessa Pereira Martins   

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

Daniela Pires dos Santos Silva   

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

Roberto Barros Aguiar   

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

Vitoria Aparecida dos Santos Lima   

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

Mauricio Eduardo Chaves e Silva   

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

Joel da Silva Sa Neto   

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

Laysa Regina Leite Alves   

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

DOI: 10.52832/wed.170.998 

Resumo: O cerrado brasileiro apresenta uma diversidade de espécies frutíferas de importância para a alimentação humana e animal. A maioria dessas frutíferas é pouco conhecida pelos pesquisadores, e são ainda muito usadas de forma extrativista. Por isso, esse trabalho objetivou realizar levantamento sobre a diversidade de frutos nativos distribuídos em área de cerrado sul maranhense, por meio de pesquisa de campo e como auxílio de alguns moradores da Fazenda Irapuá, local onde a pesquisa foi desenvolvida. O trabalho foi realizado por meio de questionário aplicado aos moradores da fazenda e a identificação de frutíferas nativas em campo. Foram realizadas quatro visitas. Nessas visitas, foram coletadas partes aéreas para a confecção exsiccatas, que posteriormente vieram ajudar na identificação dessas plantas. Foram identificadas a presença de 13 espécies de plantas frutíferas nativas, sendo elas: cajuí, maracujá-bravo, cagaita, puçá, Massaranduba, jatobá, marmelada, castanhola, grão-de-galo, murici, pequi, araçá e guamirim, pertencentes à 7 famílias botânicas na fazenda Irapuá. As entrevistas mostraram que os moradores têm bastante conhecimento sobre a diversidade, época de frutificação e usos dessas frutíferas nativas, o que foi comprovado quando comparado as frutas citadas por eles e as coletadas e identificadas na vegetação nativa da propriedade.

Palavras-chave: Aspectos ecológicos. Extrativismo. Família botânica. Frutas Silvestres.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos biomas mais biodiversos do mundo. No Brasil, esse bioma possui uma área equivalente a 2,0 milhões de km², representando mais de um quarto do território nacional (Soares *et al.*, 2017). O Cerrado possui uma flora com ótimas características adaptativas com relação a condições climáticas a longos períodos de seca e a baixas fertilidades dos solos (Reis; Schmiele, 2019).

O grande destaque é a biodiversidade desse bioma, caracterizado por uma riqueza impressionante, entre outros, na flora (Morzelle *et al.*, 2015; Angella, 2014). Esse bioma apresenta grande diversidade tanto na fauna quanto na flora, com frutos atraentes quanto às formas e sabores diversos, além de altos teores nutricionais, o que os torna alvo de estudos e podem ser comercializados. As fruteiras nativas são exploradas pela população local, como uma boa alternativa para geração de renda (Gomes *et al.*, 2013; Pereira; Santos, 2015).

Entre as plantas com potencial de uso agrícola no cerrado, são destaques as frutíferas. São várias famílias que produzem frutos comestíveis, os quais apresentam variados formatos e sabores. Muitos desses frutos são utilizados em feiras livres e têm grande aceitação popular, pois além dos sabores particulares, eles têm elevados teores de açúcares, proteínas e sais minerais. Estes podem ser consumidos *in natura* ou em forma de sucos, geleias e sorvetes e vêm ganhando um interesse adicional, pois podem contribuir para conservação da agrobiodiversidade e geração de renda do bioma (Pereira; Pasqualetto, 2011).

A enorme maioria das frutas selvagens do cerrado é subutilizada, por falta de conhecimento científico das comunidades locais e por ausência de incentivo para a comercialização. A grande

riqueza do cerrado sul maranhense, aliada a diversidade da sua flora, influenciaram muito na realização dessa proposta de estudo. Principalmente, o pequeno ou quase inexistência de pesquisas voltadas para a diversidade de frutos nativos desse ecossistema, é uma realidade e perspectivas futuras também não são boas, considerando o aumento no desmatamento e as ameaças de degradação cada vez mais intensa desse tão rico bioma brasileiro.

A própria literatura, como no livro *Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil* de Vieira *et al.* (2006), menciona a necessidade de investigação seja para caracterizar plantas, seja para domesticar, a partir de cruzamentos, transplântio de mudas e cultivo, e o uso das mais diversas tecnologias para domesticar várias espécies e produzir em larga escala, em curto, médio e longo prazo. O grande problema é que faltam informações e conhecimento mais aprofundados sobre as características, propriedades e formas de manejo e cultivo de cada uma das espécies silvestres presentes no Cerrado como um todo.

A enorme maioria das frutas selvagens do cerrado é subutilizada, por falta de conhecimento científico das comunidades locais e por ausência de incentivo para a comercialização. Daí a importância de propor pesquisas diversas que englobem essas frutíferas como potencial de exploração, que muitas vezes são até fonte de renda para as populações locais, mas que carecem de mais dados científicos para tal exploração. Assim, o objetivou-se com este trabalho realizar levantamento sobre a diversidade de frutos nativos distribuídos em área de Cerrado Sul Maranhense.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em uma área de Cerrado no município de São Félix de Balsas. Foram aplicados formulários semiestruturados, listagem livre, observação participante, turnê guiada e conversas informais, junto aos agricultores escolhidos por meio de amostragem não probabilística. Foram feitas turnês guiadas a pé nas chapadas e cerradões, da extensão de terra da fazenda Irapuá, localizada a cerca de 20 km do centro urbano da cidade, e que tem as mesmas características climáticas e geográficas descritas acima.

Foram feitas quatro visitas na área de cerrado, para identificar as principais frutíferas presentes, por meio de conhecimentos empíricos e confirmação com chave de identificação taxonômica. A busca às fruteiras foi em um raio de aproximadamente 1000 m². A área foi escolhida pelo histórico de abundância de frutas nativas, relatada pelos moradores da fazenda. Essa área apresenta vegetação nativa, e é usada pelos moradores locais para a pecuária extensiva.

Foi aplicado um questionário de caráter qualitativo e quantitativo. Os informantes chave foram escolhidos baseado em dois critérios que foram: primeiramente, os moradores mais

experientes e que residiam a mais tempo na região e moradores que se dispuseram a participar. As entrevistas ocorreram dia 30 de agosto, na primeira visita à fazenda.

O questionário foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa, através da Plataforma Brasil, e aprovado pelo Comitê do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais. Todos os sujeitos participantes da pesquisa foram entrevistados seguindo as normatizações definidas, por meio do uso do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE). As respostas foram comparadas com os resultados encontrados em campo e com os resultados encontrados em laboratório, a partir das identificações das plantas. As espécies encontradas e identificadas foram registradas no SisGen.

Como cada frutífera do cerrado costuma ter sua época de floração e frutificação própria, as caminhadas pela área foram repetidas, quatro vezes ao ano, uma a cada estação. Foram coletadas partes das plantas para confeccionar exsicatas, selecionando plantas com flores e/ou frutos, para facilitar a identificação e também para se ter um parâmetro dos aspectos ecológicos das espécies (época de floração e frutificação).

Para as exsicatas, seguimos o procedimento de Machado e Barbosa (2010) Manual de Procedimentos Herbário Botu. Após cada coleta, o material foi prensado. A primeira coleta ocorreu dia 30 de agosto de 2023. Nessa ocasião, fez uma caminhada na área inteira e foi feita uma prensa com as primeiras espécies. A segunda coleta foi dia 1 de dezembro do mesmo ano. Nesse dia, realizou-se mais uma caminhada a pé na chapada e montaram-se mais duas prensas.

A terceira etapa ocorreu dia 15 de abril do mesmo ano, adicionando mais uma prensa. Cerca de 45 dias depois foram montadas as demais exsicatas. Na última visita, que ocorreu dia 20 de junho de 2024, fez-se mais uma caminhada na área de coleta. Após isso, foi realizada a avaliação dos materiais das exsicatas e posteriormente a identificação das plantas em nível de espécie. Todo o material prensado foi encaminhado para o laboratório de Biologia do Instituto Federal do Maranhão (IFMA), campus São Raimundo das Mangabeiras, onde foram identificadas, em nível de espécie, utilizando a chave de identificação de Sousa e Lorenzi (2007). Por fim, os dados foram tabulados em planilha Excel, para organização e desenvolvimento das tabelas e gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

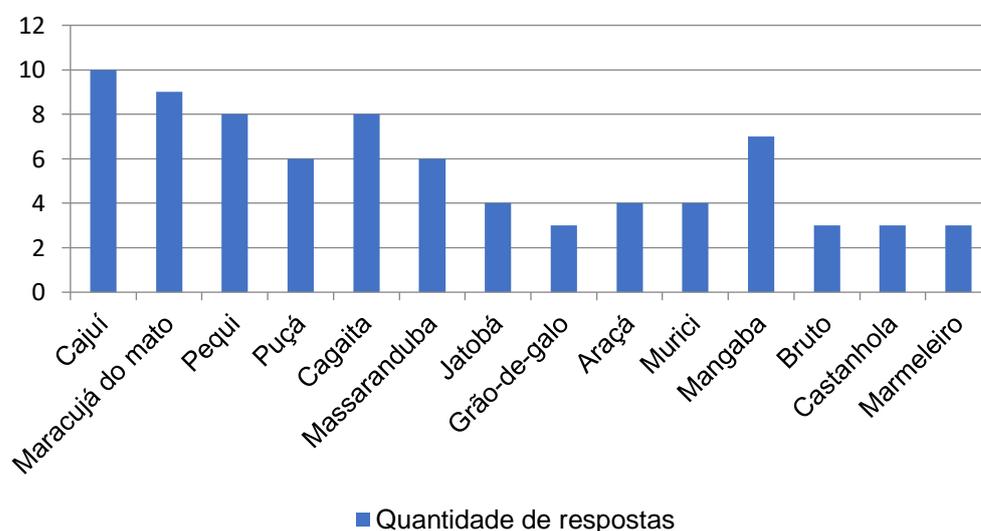
Foi feito um questionário com 10 moradores da Fazenda Irapuá, município de São Félix de Balsas-MA. A aplicação ocorreu no dia 20 de junho de 2024, nas casas dos próprios moradores, de forma presencial. Ao todo, os entrevistados citaram 14 frutíferas nativas, com destaque para o cajuí, que foi lembrado por todos (Figura 1). É importante destacar também o maracujá do mato,

o pequi e a cagaita, que foram mencionadas por 8 dos moradores. Por outro lado, bruto, castanhola e marmeleiro foram apontados apenas três vezes.

Todas as plantas citadas pelos entrevistados foram encontradas e amostradas na área de coleta, com exceção da mangaba e do bruto. Por outro lado, o guamirim não foi citado e foi encontrado, demonstrando o conhecimento dos moradores sobre as frutas nativas da sua região. Algumas fruteiras comuns no cerrado, como a mangaba e o bruto, que foram citadas pelos moradores entre as principais frutas nativas da região, não foram encontradas para amostras (material vegetal), pois é uma espécie com risco de extinção, conforme Orelli (2021).

A frutífera mais comum na fazenda experimental é o cajuí e pequi, segundo os moradores. Essas duas frutas juntamente com a cagaita são as utilizadas para comercialização, ainda que essa prática não seja usual na propriedade, uma vez que é preferível o consumo in natura das mesmas. O pequi é, entre essas, a mais “vendida” e apreciada em termos culinários, de acordo com os relatos dos entrevistados.

Figura 1 – Principais frutíferas nativas, presentes na Fazenda Irapuá, segundo os informantes participantes da pesquisa.



Fonte: Autores, 2023.

A literatura mostra que a comercialização dos produtos advindos do pequi é geralmente extrativista, evidenciando a necessidade de incentivo para organização e agregação de valor à cadeia de produção desse fruto (Oliveira, 2008). Da mesma forma, o cajuí é pouco difundido comercialmente, sendo seu pedúnculo mais consumido de forma in natura.

Quando questionados se alguma(a) frutífera(s) presente(s) na região causa(m) problemas sanitários em animais de (intoxicação, por exemplo), a maioria dos moradores respondeu que sim e citaram a cagaita, sendo recorrentes em vacas prenhas. Os entrevistados justificaram que a

intoxicação pode ocorrer se consumido em altas temperaturas, ou seja, “quando a fruta está muito quente”, nas palavras deles, causando diarreia nos animais, nas palavras deles.

Barbosa *et al.* (2007), afirma que essa espécie pode provocar diarreia na maioria das vezes aquosa nos animais ruminantes. No entanto, a literatura é muito vaga nessa temática, tendo poucos estudos sobre isso, de forma que torna essa afirmação inconclusiva, carecendo de novos estudos em animais.

O trabalho de Sousa (2019) corrobora com esses resultados. O autor, com o objetivo de realizar um levantamento das principais plantas causadoras de intoxicações em animais de interesse pecuário em municípios da Microrregião do Alto Médio Gurguéia, Estado do Piauí, realizou um questionário e as repostas indicaram a *Eugenia dysenterica* como causa de intoxicação em ruminantes, mesmo sendo come comestíveis (Mello *et al.*, 2010). Foram coletadas 13 espécies frutíferas nativas do Bioma Cerrado, na Fazenda Irapuá, sendo elas: cajuí, maracujá-bravo, cagaita, puçá, Massaranduba, jatobá, marmelada, castanhola, grão-de-galo, murici, pequi, araçá e guamirim. A maioria delas já estava na fase de frutificação, o que facilitou a identificação já em campo (Tabela 1). Porém, todas as plantas foram prensadas para confirmação das espécies com chaves taxonômicas e também para confecção do herbário no portfólio.

Tabela 1 – Frutíferas nativas coletadas e identificadas na área de coleta (Faz. Irapuá), incluindo os meses de coleta e os órgãos reprodutivos presentes nas plantas no momento de coleta.

MÊS DO ANO	NOME COMUM	NOME DA ESPÉCIE	ÓRGÃO REPRODUTIVO
Dezembro	Murici	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Flor
Abril	Grão de galo	<i>Celtis gycicarpa</i>	Flor
Abril	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Fruto
Agosto	Cajuí	<i>Anacardium microcarpum</i>	Fruto
Dezembro	Maracujá-bravo	<i>Passiflora mansoi</i>	Flor
Agosto	Marmelada	<i>Cordia sessilis</i>	Fruto
Dezembro	Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>	Flor e Fruto
Agosto	Puçá	<i>Mouriri pusa</i>	Fruto
Dezembro	Massaranduba	<i>Pouteria ramiflora</i>	Fruto
Dezembro	Cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i>	Fruto
Agosto	Castanhola	<i>Dipteryx alata</i>	Fruto
Abril	Araçá	<i>Psidium cattleyanum</i>	Flor
Abril	Guamirim	<i>Eugenia hiemalis</i>	Fruto

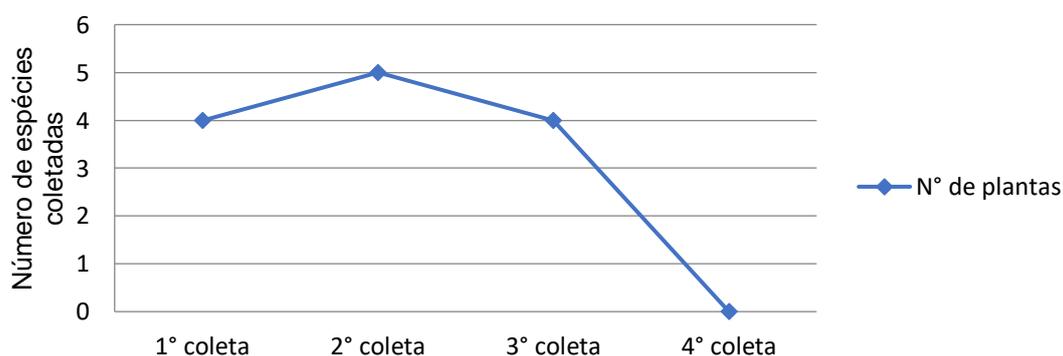
Fonte: Autores, 2024.

Essas mesmas frutas junto com o araçá, puçá, marmelada (Família: Rubiaceae) e castanhola foram descritas no livro *Frutas Nativas da Região Centro Oeste do Brasil*, de Vieira *et al.* (2006), publicado pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Sobral (2015) descreveu no *Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil*, o guamirim como uma espécie nativa do cerrado Brasileiro.

A segunda coleta (dezembro) obteve-se um maior número de plantas coletadas (5), quando comparada às demais, pois coincidiu com a época das chuvas e aí que ocorre a fase de floração e frutificação das principais fruteiras nativas no cerrado (Figura 2). A grande maioria das frutas nativas encontradas na região do cerrado tem seu estágio de frutificação e maturação entre agosto e abril, principalmente nos meses mais chuvosos. Isso justifica o fato de nenhuma espécie ter sido coletada na última coleta (junho), pois como está no início da estação seca na região, é mais difícil encontrar frutas ou flores nessas áreas, considerando frutíferas nativas.

Além disso, é a época em que a grande maioria das plantas perde suas folhas, por meio de um mecanismo de defesa e de sobrevivência das mesmas. O pequi, espécie da família Caryocaraceae, por exemplo, frutifica entre os meses de janeiro e março, sendo distribuído em toda a extensão do Cerrado Brasileiro, principalmente o Estado de Minas Gerais que responde a 73% da produção nacional (Leão *et al.*, 2017). A maioria das espécies de Araçá, cagaita, murici, jatobá, grão de galo, maracujá-bravo também frutificam entre agosto e abril, conforme (Vieira *et al.*, 2006).

Figura 2 - Número de espécies frutíferas nativas identificadas em relação às quatro coletas no intervalo de 1 ano.



Fonte: Autores, 2023.

Com exceção do pequi, nenhuma das outras espécies vem sendo cultivada em escala comercial. Basicamente toda a comercialização é extrativista (Tadeu *et al.*, 2012). Isso corrobora com as informações dos questionários feitos com os moradores da fazenda, os quais afirmaram que o cajuí e o pequi podem ser vendidos, porém, o que é mais comum de ocorrer é o consumo in natura ou a produção de doces e sucos de cajuí e produção de azeite de pequi, ao invés da comercialização. E uma das causas disso é a baixa disponibilidade de mercado e principalmente de

informações sobre a composição química/nutricional e incentivo para comercialização dessas frutas.

4 CONCLUSÃO

As entrevistas mostraram que os moradores da fazenda em questão têm bastante conhecimento sobre a diversidade, época de frutificação e usos dessas frutíferas nativas. Além da rusticidade, essas espécies podem ter uma importante contribuição para a sua conservação, podendo inclusive serem testadas e utilizadas em programas de melhoramento e programação assexual de frutas comerciais (enxertia, por exemplo), em trabalhos futuros. Por outro lado, esses produtos (frutas) ainda são muito pouco comercializados, sendo usados basicamente de forma extrativista. E uma das causas disso é a baixa disponibilidade de mercado e principalmente de informações sobre a composição química/nutricional e incentivo para comercialização dessas frutas. Por isso, carece de pesquisas específicas voltadas para esses testes bioquímicos e nutricionais e também ampliar os estudos e levantamentos para contribuir com a preservação florística dessa rica flora do cerrado.

REFERÊNCIAS

- ANGELLA, F. C. O. **Avaliação da atividade antioxidante em extratos de frutas típicas do Cerrado brasileiro**. (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- BARBOSA, R. R. *et al.* Plantas tóxicas de interesse pecuário: importância e formas de estudo. **Acta Veterinária Brasileira**, v. 1, n. 1, p. 1–7, 23 maio 2007.
- BAUER, A.C. **Catálogo de produtos da sociobiodiversidade do Cerrado**. WWFBrazil, Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?82726/Sociobiodiversidade-do-Cerrado-e-tema-de-levantamento-publicado-pelo-WWF-Brasil>. Acesso em: 09 ago. 2024.
- GOMES, G. O., *et al.* Avaliação da qualidade físico e química de cajuí (*Anacardium spp*) na região Meio-Norte. **GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 3, p. 139-145, 2013.
- LEÃO, D. P. *et al.* Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146–153, 2017.
- MACHADO, S. R.; BARBOSA, S.B. **Manual de Procedimentos, Herbário Botu**. São Paulo, 2010.
- MELLO, G. W. S. *et al.* Plantas tóxicas para ruminantes e eqüídeos no Norte Piauiense. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 1–9, 2010.
- MORZELLE, M. C. *et al.* Caracterização química e física de frutos de curriola, gabiropa e murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 96–103, 2015.

OLIVEIRA, M. E. B. *et al.* **Aspectos agronômicos e de qualidade do pequi.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

ORELLI, L.D.; SILVA, E.J.R. **Frutos Em Extinção na Savana Brasileira.** Congresso Internacional em Produção de Refeições, Alimentação e Nutrição, 1ª edição, 2021.

PEREIRA, A. C.; SANTOS, E. R. DOS. Frutas nativas do Tocantins com potencial de aproveitamento econômico. **Agri-environmental sciences**, v. 1, n. 1, 2015.

PEREIRA, M. E.; PASQUALETO, A. Desenvolvimento sustentável com ênfase em Frutíferas do Cerrado. Revista EVS - **Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, v. 38, n. 2, p. 333–363, 1 2011.

REIS, A. F., e SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, 2019.

SOBRAL, M. *et al.* **Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015.

SOUSA, C. P. *et al.* Plantas tóxicas de interesse pecuário em municípios da microrregião do Alto Médio Gurguéia – Piauí. **PUBVET**, v. 13, n. 12, p. 1–10, dez. 2019.

TADEU, N. *et al.* **Frutíferas nativas do Cerrado: o extrativismo e a busca da domesticação.** XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Bento Gonçalves-RS, 2012.

VIEIRA, *et al.* **Frutas nativas da região Centro-Oeste.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

CAPÍTULO 14

EPIZOOTIA E PERSISTÊNCIA DE *Metarhizium anisopliae* E *Fusarium multiceps* UM ANO APÓS A PULVERIZAÇÃO CONTRA *Mahanarva spectabilis* (HEMIPTERA:CERCOPIDAE)

Michelle Campagnani   

Pós-Doutorado – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora - MG, Brasil

Luís Augusto Calsavara   

Mestrando - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Brasil

Bruno Antônio Verissimo   

Bolsista da Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora - MG, Brasil

Everton Augusto Francisco Rosa   

Bolsista de Pesquisa de Melhoramento genético - Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Victor Felipe S. Costa Neves   

Bolsista Iniciação Científica CNPq – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Alexander Machado Auad   

Pesquisador – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.999 

Resumo: A gramínea *Cenchrus purpureus* (Schum) Morrone fonte de pastejo para o gado é atacada pela cigarrinha-das-pastagens, *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae), causando danos às plantas. Uma alternativa sustentável no controle biológico deste inseto-praga é usar fungos entomopatogênicos. Assim, objetivou-se avaliar a capacidade de epizootia dos fungos *Metarhizium anisopliae* e *Fusarium multiceps* contra *M. spectabilis* em plantas de *C. purpureus*. O ensaio foi constituído de um delineamento inteiramente casualizado (DIC) testando 4 tratamentos, ou seja, plantas pulverizadas com *M. anisopliae*, plantas pulverizadas com *F. multiceps*, plantas pulverizadas com água e o controle, que constituiu de plantas sem nenhum tipo de pulverização. Utilizou-se 12 repetições, por tratamento, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu de uma touceira que foi pulverizada na parte basal das plantas até o ponto de escorrimento da suspensão. Antes e oito dias após as pulverizações, o volume de espumas contidas nas touceiras foram quantificadas, em porcentagem, por três avaliadores, e a média foi convertida para uma escala de notas de 1 a 5. Após esse período as plantas foram observadas semanalmente, por quatro semanas, e as ninfas ou adultos mortos foram coletados, quantificados e analisados quanto a confirmação da causa mortis pelos fungos aplicados. Após 13 meses da aplicação dos fungos, avaliou-se por 4 meses, em insetos encontrados mortos na área experimental, a espécie de fungo que provocou a causa mortis. A nota visual de volume de espumas foi significativamente menor após a pulverização das plantas com os fungos. Em torno de 60% das amostras dos insetos mortos apresentaram infecção por *M. anisopliae* ou *F. multiceps*, confirmando a persistência desses fungos no campo, após um ano de aplicação via pulverização.

Palavras-chave: Controle Microbiano. Forrageiras. Inseto-praga.

1 INTRODUÇÃO

O capim elefante, *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, é uma forragem importante em muitas regiões tropicais e subtropicais, devido ao seu alto rendimento, valor nutricional, aceitabilidade pelos animais, vigor e persistência. Esta gramínea é amplamente utilizada na forma de capim verde picado, feno ou silagem para alimentação animal (Pereira *et al.*, 2021). Também é uma cultura potencial para produção de bioenergia (Silva *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2021). O monocultivo dessa forrageira pode favorecer a ocorrência de surtos da cigarrinha-das-pastagens, *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) (Aquad *et al.*, 2007). O ataque de ninfas e adultos danificam as plantas hospedeiras, sugando a seiva e injetando toxinas que induzem a fitotoxidez e reduzem as taxas fotossintéticas das gramíneas (Aquad *et al.*, 2007).

Para mitigar o problema causado pelas cigarrinhas nas pastagens, algumas estratégias baseadas em mecanismos de resistência das plantas (Valverde 2006; Aquad *et al.*, 2007; Congio *et al.*, 2012; Resende *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2017; Paladini *et al.*, 2018 ; Alvarenga *et al.*, 2019, Aquad *et al.*, 2024; Resende *et al.*, 2024), o uso de compostos de origem vegetal (Dias *et al.*, 2019; Nascimento *et al.*, 2021) e fungos entomopatogênicos (Pereira *et al.*, 2008; Campagnani *et al.*, 2017; Pitta *et al.*, 2019; Campagnani *et al.*, 2024; Oliveira Netto *et al.*, 2024), foram propostas.

O uso de entomopatogênicos, como *Metarhizium brunneum* Petch. e *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuill. adquiriu interesse nos programas de MIP, devido a resultados promissores contra

insetos-praga mastigadores e sugadores de seiva (González-Mas *et al.*, 2019), afetando a sobrevivência e desenvolvimento de insetos-praga (Yousef-Yousef *et al.*, 2023). Estes fungos são ambientalmente seguros, podem ser produzidos em massa e tem a capacidade de infectar os insetos nas diversas fases de seus ciclos (Rajula *et al.*, 2020).

Os fungos *Metarhizium anisopliae* e *Fusarium multiceps* foram isolados de cigarrinhas-das-pastagens em um sistema silvipastoril no Estado do Maranhão (Campagnani *et al.*, 2017) e, esses foram eficientes no controle dessa praga em casa-de-vegetação (Campagnani *et al.*, 2024). Nesse sentido, ressalta-se a importância de pesquisar a eficiência e a persistência desses fungos em campo de *C. purpureus* contra *M. spectabilis*.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficácia de uma única pulverização com fungos entomopatogênicos na redução de ninfas de *M. spectabilis*, em plantas de *C. purpureus*, além de investigar a persistência desses fungos nos surtos populacionais do inseto-praga do ano seguinte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os fungos entomopatogênicos *Fusarium multiceps* UFMGCB 11443 (GenBank=ON831395) e *Metarhizium anisopliae* UFMGCB 11444 (GenBank=ON831396) foram previamente isolados de cigarrinhas *M. spectabilis*, em um sistema silvipastoril no Estado do Maranhão.

Os fungos foram produzidos em meio sólido em grãos de arroz parboilizado. Foram adicionados 2 L. de água deionizada para embeber os grãos por um período de 1 h, à temperatura ambiente. Em seguida, o excedente de água foi retirado e os grãos úmidos foram transferidos para um saco plástico de polipropileno (40 x 25 cm), preenchendo cerca de 1/3 do volume total, de acordo com Almeida *et al.* (2019). A abertura do saco plástico foi dobrada duas vezes e grampeada. Estes sacos, contendo o arroz, foram fechados e autoclavados por 25 min a 120 °C (1 atm). Após a autoclavagem, os sacos foram retirados e espalhados sobre uma mesa limpa onde permaneceram por 24 h para resfriarem sob temperatura ambiente.

Em câmara de fluxo laminar sob condições assépticas, 10 mL das suspensões de conídios (na concentração de 1×10^8 conídios/ml) das linhagens dos fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* produzidas em ágar Sabouraud, foram inoculados nos sacos plásticos com o arroz estéril. Esta inoculação foi feita com seringa estéril por meio de um orifício no saco plástico, evitando assim contaminações. Os sacos foram agitados vigorosamente para homogeneizar os conídios por todos os grãos e foram acondicionados em uma câmara climatizada (BOD) ajustada para 26 °C com 16 h de fotofase e umidade relativa de $70 \pm 10\%$, por um período de oito dias. Para melhorar a aeração dentro dos sacos plásticos, já que esses fungos são aeróbicos foram feitos 50 orifícios com auxílio de agulha hipodérmica estéril (após quatro dias da inoculação) em uma das faces do saco plástico.

Após os 8 dias, uma amostra de 1g foi retirada de cada saco para estimar a taxa de germinação e concentração dos esporos/g (1×10^8 conídios/g). Depois os sacos foram levados para o campo e seus conteúdos colocados em sacos de *voil* e lavados com detergente, usado como tensoativo iônico, e colocados nos pulverizadores manuais de 1,5 L.

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Leite, Campo Experimental José Henrique Bruschi, Coronel Pacheco, MG. O ensaio foi constituído de um delineamento inteiramente ao acaso (DIC) testando 4 tratamentos, ou seja, plantas pulverizadas com *M. anisopliae*, plantas pulverizadas com *F. multiceps*, plantas pulverizadas com água e o controle, que constituiu de plantas sem nenhum tipo de pulverização. Utilizou-se 12 repetições por tratamento, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu de uma touceira que foi pulverizada na altura de aproximadamente um metro até a base da touceira do capim-elefante estar uniformemente no ponto de escorrimento da suspensão. A dimensão do talhão de *C. purpureus* era de 25 m x 15 m, e o capim estava plantado em fileiras distantes 1,5 m uma da outra. As touceiras foram pulverizadas alternadas, a cada duas fileiras entre cada tratamento.

Antes e oito dias após as pulverizações, o volume de espumas contidas nas touceiras foram avaliadas em porcentagem por três avaliadores, e a média foi convertida para uma escala de notas de 1 a 5, proposta por Auad (dados não publicados), sendo 1 o menor volume (0 – 20%), 2 (21 – 49%); 3 (50 – 70%); 4 (71 – 80) e 5 o maior volume (81 – 100%). Após análise, o volume médio de espumas na forragem foi classificado com base na pontuação média. Semanalmente, por 4 semanas, todos os insetos mortos encontrados foram amostrados e armazenados em tubos de micro centrífuga. Esses foram levados para o Laboratório de Entomologia da sede da Embrapa Gado de Leite e armazenados em freezer -20°C. Esses insetos mortos foram quantificados e analisados para confirmação da causa mortis. Os insetos com a infecção esverdeada foram classificados com esporulação característica de *M. anisopliae* e infecção branca com esporulação característica de *F. multiceps*. Dez amostras aleatórias foram plaqueadas em Ágar Sabouraud Dextrose, e posteriormente feita a microscopia para análises e validação dos resultados.

Após 13 meses da aplicação dos fungos no campo, semanalmente por 4 meses, em 10 pontos aleatórios, todos os insetos mortos encontrados foram amostrados e armazenados em tubos de micro centrífuga, quantificados e analisados conforme citado acima.

Os dados referentes a nota média do volume das espumas produzidos pelas ninfas de *M. spectabilis* em *C. purpureus*, o número médio de ninfas e adultos infectados e o número de insetos mortos por cada espécie de fungo, nos diferentes tratamentos, foram submetidos a análise de variância e comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0.005$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se, oito dias após a pulverização das touceiras, que a nota de dano média, em função do volume da espuma produzida pelas ninfas de *M. spectabilis*, foi significativamente maior naquelas plantas pulverizadas somente com água ($41,2\% \pm 3,0$), seguida do tratamento controle, que constituiu de plantas sem nenhum tipo de pulverização ($27,3\% \pm 2,0$). Ressalta-se que a nota visual de volume de espumas significativamente menores, foram verificadas quando as plantas foram pulverizadas com *F. multiceps* ($14,0\% \pm 3,0$) ou *M. anisopliae* ($17,1\% \pm 3,0$) ($F = 17,24$; $P = 0,00$) (Figura 1A). Nas 4 semanas seguintes foram encontrados, no campo, tanto ninfas quanto adultos mortos e, foi possível confirmar que a causa mortis foi provocada por *M. anisopliae* e *F. multiceps*. Este fato esclarece o motivo da redução do volume de espumas; pois, está diretamente relacionado ao número de ninfas vivas.

Após 13 meses da aplicação dos fungos, foi encontrado insetos mortos e infectados tanto com *M. anisopliae* quanto com *F. multiceps*, inferindo que eles são capazes de permanecer no campo de um ano para outro. Foram encontradas, no campo, mais ninfas infectadas do que os adultos ($F = 6,36$; $P = 0,02$) (Figura 1B). Daqueles insetos encontrados mortos a confirmação da causa mortis provocada por *M. anisopliae* foi superior comparado a *F. multiceps* ($F = 29,93$; $P = 0,00$) (Figura 1C).

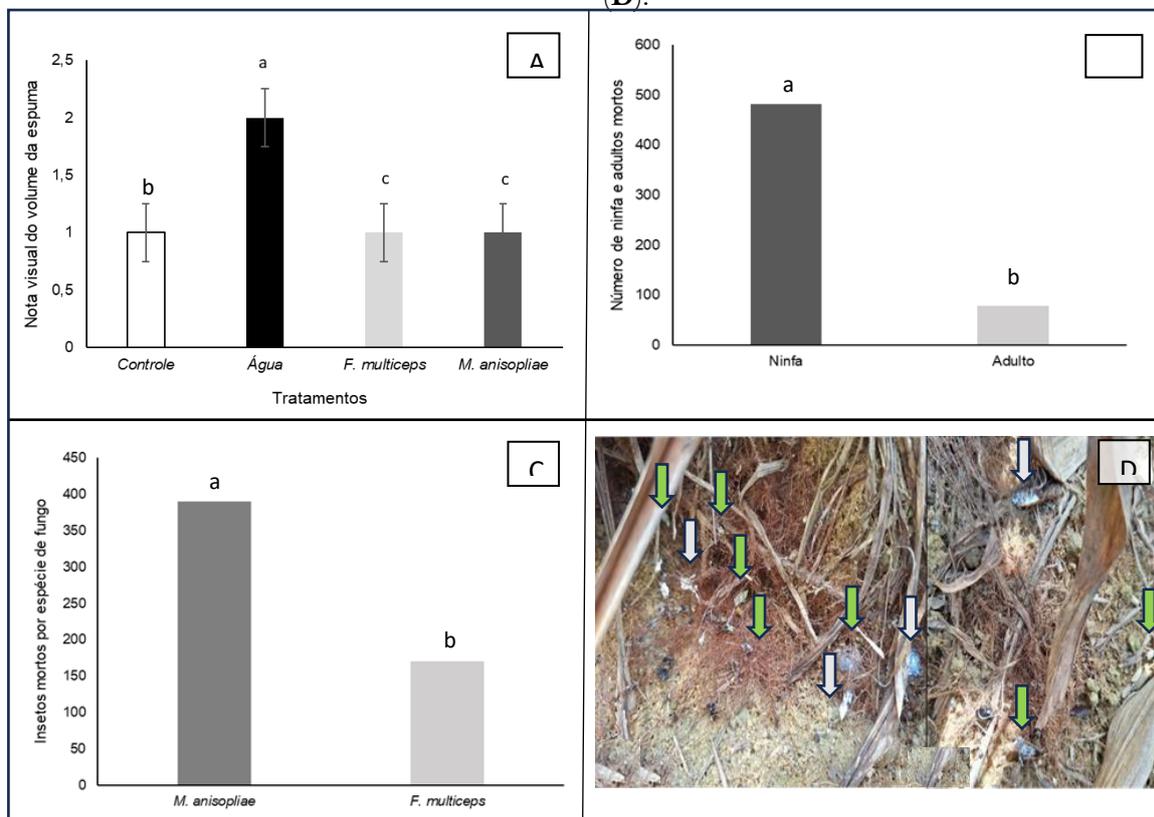
Estudos realizados por Peng et al. (2021) demonstram a capacidade de algumas cepas de agentes de biocontrole, como *M. anisopliae*, de persistir no ambiente por vários anos após a aplicação inicial. Cepas clonais desses agentes, semelhantes ao BCC 4849, foram encontradas em solo de pomares de frutas mesmo dois anos após sua introdução. Esses achados são promissores, sugerindo que estratégias de biocontrole podem ser implementadas de forma sustentável a longo prazo, reduzindo a dependência de pesticidas químicos e promovendo maior segurança alimentar.

Esses resultados corroboram os resultados do presente trabalho onde a permanência prolongada no campo, de *M. anisopliae* e *F. multiceps*, permitirá que esses fungos atuem efetivamente no manejo de cigarrinha-das-pastagens durante o período de maior incidência da praga.

Dessa forma evidencia-se que os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* conseguiram continuar no ambiente infectando cigarrinhas das pastagens no ano seguinte à pulverização. Mas há necessidade de aprofundar nas pesquisas para compreender juntamente com a persistência a quantidade de carga de conídios que o ambiente necessita para continuar causando epizootia e controlar a praga; pois, considera-se que uma única pulverização, apesar de reduzir significativamente o volume de espumas, o qual foi verificado pela escala visual, o número de insetos sobreviventes causou danos significativos na área em estudo.

Figura 1 - Nota visual do volume de espuma produzido pelas ninfas de *M. spectabilis* em *C. purpureus* sendo 1 o menor volume (0 – 20%), 2 (21 - 49%); 3 (50 – 70%); 4 (71 – 80) e 5 o maior volume (81 – 100%). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as notas de danos pelo teste de Scott

Knott ($P < 0,005$) (A); número de ninfas e adultos mortos de *M. spectabilis* infectados pelos fungos aplicados 13 meses anterior a coleta (B); confirmação da causa mortis provocadas por cada um dos fungos aplicados 13 meses anterior a amostragem dos insetos no campo (C); e Ninfas e adultos infectados no campo após um ano de pulverização dos fungos *M. anisopliae* (setas verdes) e *F. multiceps* (setas brancas) (D).



REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. E. M., LEITE, L. G., BATISTA FILHO, A. Entomopathogenic Fungi. In: SOUZA, B.; VASQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (org.). **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems – Biological Control and Functional Biodiversity**. 1. ed. Switzerland: Springer, 223-233. 2019.

ALVARENGA, R., AUAD, A. M., MORAES, *et al.* Do silicon and nitric oxide induce resistance to *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) in forage grasses? **Pest Manag Sci** 75, 3282–3292. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5450>

AUAD, A. M., SIMÕES, A. D., PEREIRA, A. V., *et al.* Seleção de genótipos de capim-elefante quanto à resistência à cigarrinha-das-pastagens. **Pesqui Agropecu Bras.** 42, 10771081. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000800003>.

AUAD, A. M. Lack of antibiosis against *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae) in *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone germplasm. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 24, 4, e505824413, 2024.

CAMPAGNANI, M. O.; GARCIA, W. C.; ROSA, H. L.; *et al.* Prospection and fungal virulence associated with *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) in an Amazon silvopastoral system. **Florida Entomologist** 100, 426–432. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.100.0204>

CAMPAGNANI, M. O.; AUAD, A. M.; MAURÍCIO, R. M.; *et al.* Endophytic capacity of entomopatogenic fungi and potencial to control spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae), **Agronomy**. 14, 943. 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050943>.

CONGIO, G.F.S.; ALMEIDA, P.C.; BARRETO, T.R.; *et al.* Regrowth of Marandu palisade grass submitted to spittlebugs attack. **Arq. Inst. Biol.** 79, 389–396. 2012.

DIAS, M. L.; AUAD, A. M.; MAGNO, M. C.; *et al.* Insecticidal activity of compounds of plant origin on *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae). **Insects** 10: 360. 2019.

GONZÁLEZ-MAS, N.; SÁNCHEZ-ORTIZ, A.; VALVERDE-GARCÍA, P.; *et al.* Effects of endophytic entomopathogenic ascomycetes on the life-history traits of *Aphis gossypii* glover and its interactions with melon plants. **Insects**, v. 10, n. 6, p.165. 2019. DOI: 10.3390/insects10060165.

NASCIMENTO, V. F.; AUAD, A. M.; RESENDE, T. T. Olfactory response of *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) to volatile aqueous extracts of plant origin applied to elephant grass plants (*Pennisetum purpureus* Schum). **Agronomy** 11, 856. 2021.

OLIVEIRA NETTO, P. M., AUAD, A. M., MENDONÇA, M. O. M., *et al.* Endophytic potential of entomopathogenic fungi associated with *Urochloa ruziziensis* (Poaceae) for spittlebug (Hemiptera: Cercopidae) control. **Florida Entomologist** 107. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1515/flaent-2024-0043>

PALADINI, A.; TAKIYA, D. M.; URBAN, J. M.; *et al.* New world spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae: Ischnorhininae): Dated molecular phylogeny, classification, and evolution of aposematic coloration. **Mol. Phylogenetics Evol.** 120, 321–334. 2018.

PENG, G. *et al.* Long-term field evaluation and large-scale application of a *Metarhizium anisopliae* strain for controlling major rice pests. **Journal of Pest Science**, v. 94, p. 969-980, 2021.

PEREIRA, M. F. A., BENEDETTI, R. A. L., ALMEIDA, J. E. M. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle de *Deois flavopicta* (Stal., 1854), em pastagem de Capim-Braquiária (*Brachiária decumbens*). **Arquivos do Instituto Biológico**, 75, 465–469. 2008.

PEREIRA, A. V. *et al.* **BRS Capiacu e BRS Kurumi: cultivo e uso.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. 116 p.

PITTA, R. M.; MATIERO, S. C.; CORASSA, J. N.; *et al.* Influence of pastoral systems on *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae) and the entomopathogen *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. **Sci. Electron. Arch.** 12, 13–20. 2019.

RAJULA, J.; RAHMAN, A.; KRUTMUANG, P. Entomopathogenic fungi in southeast Asia and Africa and their possible adoption in biological control. **Biological Control**, 151. 2020.

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

RESENDE, T. T., AUAD, A. M., FONSECA, M. D. G., *et al.* **The damage capacity of *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) adults on *Brachiaria ruzi* pasture**, The Sci World J. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/281295>.

RESENDE, T. T. Sixteen years of recurrent selection of ruzi grass for resistance to spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). **Agronomy**, v. 14, n. 7, 2024.

SILVA, I.; NOBOA, C. S.; VALE, J. P. I.; *et al.* **Antibiose em genótipos de *Paspalum* spp. à cigarrinha *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae)**. Anais da nona Jornada Científica – EMBRAPA, 2017. São Carlos, SP, EMBRAPA Pecuária Sudeste.

SILVA, V. B. *et al.* Selection among and within full-sib families of elephant grass for energy purposes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 89-96, 2018.

VALVERDE, A. H. P. **Resistência em genótipos de *Brachiaria* a ninfas de três espécies de cigarrinha-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae)**. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 2006.

YOUSEF-YOUSEF, M.; MORENTE, M.; GONZÁLEZ-MAS, N.; *et al.* Direct and indirect effects of two endophytic entomopathogenic fungi on survival and feeding behaviour of meadow spittlebug *Philaenus spumarius*, **BiolControl**. 186. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105348>.

CAPÍTULO 15

PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE CIGARRINHAS-DAS-PASTAGENS EM RESPOSTA ÀS ESPÉCIES DE FORRAGEIRAS OFERTADAS

Everton Augusto Francisco Rosa   

Bolsista de Pesquisa de Melhoramento genético - Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Michelle Campagnani   

Pós-Doutorado – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora - MG, Brasil

Victor Felipe S. Costa Neves   

Bolsista Iniciação Científica CNPq – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Thales Freires Mendonça⁴   

Bolsista Iniciação Científica FAPEMIG – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG

Alexander Machado Auad   

Pesquisador – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.1000 

Resumo: A maior parte do rebanho leiteiro no Brasil é criada a pasto. No entanto, as pastagens tropicais são frequentemente atacadas por insetos-pragas, entre os quais se destacam as espécies de cigarrinha-das-pastagens, *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) e *Deois schach* (Fabricius, 1787). Esses insetos reduzem o desempenho e produção de *Urochloa ruziziensis* (R. Germ. and C.M. Evrard) Crins (Sin. *Brachiaria ruziziensis*), *Pennisetum purpureum* (Schum) (Sin. *Cenchrus purpureus* Schumach), e *Melinis minutiflora* P. Beauv., espécies forrageiras comumente utilizadas no estado de Minas Gerais. A interação inseto-planta pode ser uma ferramenta útil no manejo de pragas; sendo assim, objetivou-se avaliar a preferência alimentar das cigarrinhas-das-pastagens em resposta às espécies de forrageiras ofertadas. Os insetos foram mantidos por 24h alimentando-se de folhas das diferentes espécies forrageiras, disposta em placas de Petri. Após o período de alimentação, os papeis filtro posicionados fundo das placas, foram corados com ninidrina, e a área da excreção foi quantificada por meio do Software imajeJ. Constatou-se a preferência alimentar de *D. schach* e *M. spectabilis* por *U. ruziziensis* e *C. purpureus*, respectivamente. Independente da espécie de cigarrinha-das-pastagens, *U. ruziziensis* foi a mais preferida, seguida por *C. purpureus* e por último *M. minutiflora*.

Palavras-chave: Braquiária. Capim-elefante. Capim-gordura. Cigarrinha-das-pastagens. MIP.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de leite do mundo, com a atividade presente em 98% de seus municípios (MAPA, 2025). A maior parte do rebanho bovino do país é criada a pasto, o que resulta em um custo de produção menor do que em outros países. As pastagens ocupam 179 milhões de hectares no território brasileiro (UFG, 2023), sendo que grande parte dessas áreas é ocupada por gramíneas do gênero *Urochloa* (Sin. *Brachiaria*) spp. (Simeão, 2016). Outra gramínea de importância no setor é o capim-elefante, *Cenchrus purpureus* (Pereira *et al.*, 2021) e o capim-gordura *Melinis minutiflora* P. Beauv (De Menezes *et al.*, 2022).

Essas forrageiras são atacadas anualmente pelas cigarrinha-das-pastagens, principal praga que limita tanto a produção quanto a qualidade das pastagens e variam de acordo com a espécie forrageira e espécie praga. De acordo com Thompson (2004), esse inseto-praga pode causar perdas de 2,1 bilhões de dólares em todo o mundo. Atacam diferentes espécies de forrageiras; no entanto, algumas espécies de plantas são mais preferidas que outras (Matioli, 1976). A quantidade e a frequência de ocorrência dessas pragas podem variar conforme as interações entre as espécies de plantas e as pragas (Aquad, 2009), sendo possível mais de uma espécie em uma mesma planta (Peck, 2001). De acordo com Valério (2009), a melhor alternativa para controlar as cigarrinhas, seria a diversificação de pastagens com a utilização daquelas resistentes. O primeiro passo para isso, é entender que a preferência de insetos herbívoros por certas espécies de planta hospedeira e seu desempenho nestas plantas pode influenciar a distribuição e abundância do herbívoro. Sabendo que o desempenho biológico dos insetos herbívoros pode ser afetado pelos mecanismos de resistência por antibiose e a preferência pelo mecanismo antixenose, conhecer melhor estes

mecanismos em diferentes forrageiras pode colaborar para escolha de plantas que poderão ser diversificadas, a fim de levar a redução acentuada na população da praga.

A preferência alimentar dos insetos-praga responde a fatores morfológicos (tricomas) (Kennedy, 2003), a qualidade nutricional (Tremmel; Muller, 2013), além de fatores antinutricionais presentes nas plantas, como alguns metabólitos secundários (Pinheiro *et al.*, 2024). Assim, os insetos tendem a selecionar plantas que oferecem melhor desempenho reprodutivo (Bernays; Chapman, 2007). Esse conhecimento pode ser fundamental para o manejo integrado de pragas em pastagens, uma vez que as estratégias de controle dependem das espécies de pragas presentes, que variam conforme a forrageira disponível. Assim, objetivou-se avaliar a preferência alimentar, por meio da área de excreção após 24h de alimentação, de *M. spectabilis* e *D. schach* em resposta às espécies de forrageiras ofertadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Folhas, saudáveis e não danificadas de *U. ruziziensis*, *C. purpureus* e *M. minutiflora* foram coletadas em casa-de-vegetação da Embrapa Gado de Leite. Essas foram cortadas e dispostas em uma placa de Petri, contendo uma camada (3 a 4 mm) de solução ágar 2% para manter a turgescência. Na face superior, dessas placas, foi colocado o papel filtro.

Em seguida, adultos de *M. spectabilis* ou *D. schach* advindos do campo experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco-MG, foram alocados nas placas de Petri. Essas foram invertidas (“de cabeça para baixo”) para que as excreções geradas pela alimentação dos insetos fossem depositadas no papel filtro.

Durante o período de alimentação, 24 horas, os insetos foram mantidos em câmara climatizada tipo Fitotron à $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Após esse período, o papel filtro foi seco naturalmente e, em seguida, 800 microlitros de ninidrina (2% em acetona) foram aplicados para corar as excreções. Após mais 24h os papeis foram escaneados e as áreas coradas medidas no programa imajeJ.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial envolvendo duas espécies de insetos-praga (*M. spectabilis* e *D. schach*) e três espécies de forrageiras (*U. ruziziensis*, *C. purpureus* e *M. minutiflora*), totalizando seis tratamentos com 12 repetições.

A variável avaliada foi área corada no papel filtro (quanto maior a área corada maior a quantidade de substâncias excretadas pela cigarrinha-das-pastagens, o que indica a maior ingestão). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, as taxas de excreções das cigarrinhas-das-pastagens alimentadas em diferentes forrageiras foram diferentes significativamente em função da espécie forrageira ofertada ($F = 10,7$; $P = 0,0001$). No entanto, não diferiram em relação a espécie do inseto-praga ($F = 0,0$; $P = 0,1$). Ademais, constatou-se uma interação significativa ($F = 7,3$; $P = 0,0013$) entre as espécies de forragem ofertadas e as espécies de cigarrinha-das-pastagens (Tabela 1).

Tabela 1 - Área de excreção (cm^2), após 24h de alimentação, de *D. schach* e *M. spectabilis* em diferentes espécies forrageiras.

Forrageiras	Espécies de cigarrinha-das-pastagens		
	<i>D. schach</i>	<i>M. spectabilis</i>	Média geral
<i>U. ruziziensis</i>	16,11 \pm 1,15aA	8,40 \pm 0,53aB	12,27 \pm 0,47a
<i>C. purpureus</i>	3,97 \pm 0,20bB	11,4 \pm 0,49aA	7,69 \pm 0,24b
<i>M. minutiflora</i>	3,01 \pm 0,18bB	3,28 \pm 0,17bB	3,14 \pm 0,09c
Média geral	7,7 \pm 0,28A	7,71 \pm 0,17A	

Letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), minúsculas comparam linhas e maiúsculas comparam colunas.

Fonte: Autores, 2025.

Constatou-se que, independentemente da espécie de cigarrinhas-das-pastagens, *U. ruziziensis* foi a forrageira mais preferida, seguida por *C. purpureus* e por último *M. minutiflora*.

Verificou-se que *D. schach* teve preferência por *U. ruziziensis* e se alimentou significativamente menos em *C. purpureus* e *M. minutiflora*. Estudo de Alvarenga et al. (2017) com *D. schach* em diferentes forrageiras mostraram menor período ninfal, maior sobrevivência ninfal e maior longevidade dos adultos dessa espécie em *U. ruziziensis*, quando comparado a *C. purpureus*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum*, indicando seu melhor desempenho quando alimentado com essa forrageira. Essa espécie-praga é a de maior ocorrência na região Sudeste (AUAD et al, 2025), o que gera preocupação entre os produtores que utilizam a *U. ruziziensis* como principal forrageira.

Constatou-se também que *M. spectabilis* teve preferência alimentar tanto por *U. ruziziensis* quanto por *C. purpureus*, alimentando-se significativamente menos de *M. minutiflora*. Resultados similares foram encontrados por Silva et al. (2017) para *M. spectabilis*, nos quais seu volume de excreção foi significativamente igual para *C. purpureus* cv. Pioneiro e cv. Roxo-Botucatu comparados com *Urochloa decumbens* autor ano. Esses resultados corroboram os de Alvarenga et al. (2017), que registraram que *M. spectabilis* teve melhor desempenho em *U. ruziziensis* e *C. purpureus*, em comparação com outras forrageiras. Apesar, dessa espécie-praga estar associada geralmente a gramíneas de maior porte, como capim-elefante (*C. purpureus*) (Auad et al., 2007), outros estudos Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

mostram a suscetibilidade de *U. ruziziensis* a *M. spectabilis* (Rezende *et al.*, 2012; Rezende *et al.*, 2013), sendo até mesmo encontrada *U. brizantha* (De Paula-Moraes, 2006; Santos *et al.*, 2023), que é considerada resistente às outras espécies de cigarrinhas-das-pastagens.

Verifica-se, também, que dentro da espécie forrageira, *D. schach* se alimenta mais de *U. ruziziensis* enquanto *M. spectabilis* se alimenta mais de *C. purpureus*. Ambas se alimentam igualmente de *M. minutiflora*. Esse comportamento demonstra a adaptabilidade e, conseqüentemente a agressividade de *D. schach* e *M. spectabilis* em *U. ruziziensis* e *C. purpureus*, respectivamente. Esses resultados corroboram os apresentados por Alvarenga (2017) e Silva *et al.* (2017).

O capim gordura foi o menos preferido para alimentação para as duas espécies de cigarrinhas-das-pastagens, podendo ser inserido no layout da propriedade, como uma barreira para dispersão do inseto, além de ser uma opção de alimento para o gado em casos de surtos da praga. Estudos futuros poderão abordar as causas responsáveis pela não-preferência alimentar, especialmente por capim gordura, considerando que este mecanismo contribuiria para novas estratégias de controle, tais como diversificação de pastagens.

4 CONCLUSÃO

Foi observada preferência alimentar de *D. schach* por *U. ruziziensis* e de *M. spectabilis* por *C. purpureus*. Independentemente da espécie de cigarrinha-das-pastagens, *U. ruziziensis* foi a forrageira mais preferida, seguida por *C. purpureus* e, por último, *M. minutiflora*.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.; AUAD, A. M.; MORAES, J. C. *et al.* Spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) and their host plants: a strategy for pasture diversification. **Applied Entomology and Zoology**, 52, 653-660, 2017.
- AUAD, A. M.; SIMÕES, A. D.; PEREIRA, A. V.; *et al.* Selection of elephant grass genotypes for resistance to spittlebug. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42, 1077-1081, 2007.
- AUAD, A. M.; CARVALHO, C. A. D.; SILVA, D. M. D.; *et al.* Fluctuation of spittlebug population in brachiaria and in elephant grass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44, 1205-1208, 2009.
- AUAD, A. M.; RESENDE, T. T.; OLIVEIRA, C. M. A decade of sampling reveals spittlebug population dynamics in different cultivation system. **Global Ecology and Conservation**, e03534, 2025.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. Springer Science & Business Media, 2007.

DE MENEZES, R. A.; LOPES, L. T.; CÔRTEZ, I. H. G.; *et al.* *Melinis minutiflora*. JAYME, D. G., GONÇALVES, L. C., RAMIREZ, M. A., MENEZES, R. A. de. **Gramíneas forrageiras tropicais**. Belo Horizonte, MG: FEPE, 2022.

DE PAULA-MORAES, S. V.; FALEIRO, F.; VILELA, M. D. F.; *et al.* **Variabilidade genética de *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) coletada em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no estado de Tocantins, com base em marcadores RAPD**. EMBRAPA Cerrados. 2006.

KENNEDY, G. G. Tomate, pragas, parasitoides e predadores: interações tritróficas envolvendo o gênero Lycopersicon. **Annual review of entomology**, v. 48, n. 1, p. 51-72, 2003.

MAPA. **MAPA do leite**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2025.

MATIOLI, J. C. Algumas observações sobre as " cigarrinhas das pastagens" no Estado do Espírito Santo. **EMCAPA Circular** 1. 2016.

PECK, D. C. Diversity and geographic distribution of spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) associated with graminoids in Colombia and Ecuador. **Revista colombiana de entomologia**. 2001.

PEREIRA, A. V.; AUAD, A. M.; BRIGHENTI, A. M.; *et al.* BRS Capiaçú e BRS Kurumi: cultivo e uso. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 116 p. 2021.

PINHEIRO, V. J.; GÓMEZ, J. D.; GOUVEIA, A. S.; *et al.* Gene expression, proteomic, and metabolic profiles of Brazilian soybean genotypes reveal a possible mechanism of resistance to the velvet bean caterpillar *Anticarsia gemmatilis*. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 18, n. 1, p. 15-32, 2024.

RESENDE, T. T.; AUAD, A. M.; FONSECA, M. D. G.; *et al.* The damage capacity of *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) adults on *Brachiaria ruziziensis* pasture. **The Scientific World Journal**, n. 1, p. 281295, 2013.

RESENDE, T. T., AUAD, A. M., FONSECA, M. D. G., *et al.* Impact of the spittlebug *Mahanarva spectabilis* on signal grass. **The Scientific World Journal**, n. 1, p. 926715, 2012.

SANTOS, R. S.; DA SILVA, S. A. Registro de *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae) em *Urochloa brizantha* cv. Piatã no estado do Acre, **Entomology Beginners**. Brasil. 2023.

SILVA, S. E. B.; AUAD, A. M.; MORAES, J. C.; *et al.* Biological performance and preference of *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) for feeding on different forage plants. **Journal of economic entomology**, v. 110, n. 4, p. 1877-1885, 2017.

SIMEÃO, R., SILVA, A., VALLE, C., *et al.* Genetic evaluation and selection index in tetraploid *Brachiaria ruziziensis*. **Plant Breeding**, v. 135, n. 2, p. 246-253, 2016.

THOMPSON, V. Associative nitrogen fixation, C4 photosynthesis, and the evolution of spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) as major pests of neotropical sugarcane and forage grasses. **Bulletin of entomological research**, v. 94, n. 3, p. 189-200, 2004.

TREMMEL, M.; MÜLLER, C. The consequences of alternating diet on performance and food preferences of a specialist leaf beetle. **Journal of insect physiology**, v. 59, n. 8, p. 840-847, 2013. UFG. **Atlas das pastagens**. 2023. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>. Acesso em 14 de fevereiro de 2025.

VALÉRIO, J. R. Cigarrinhas- das- pastagens. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Embrapa Gado de corte, p.51, 2009.

CAPÍTULO 16

AÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS INOCULADOS VIA SEMENTES EM PLANTAS DE BRAQUIRIA

Michelle Campagnani   

Pós-Doutorado – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora - MG, Brasil

Luís Augusto Calsavara   

Mestrando - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Brasil

Bruno Antônio Verissimo   

Bolsista da Embrapa Gado de Leite - Juiz de Fora – MG, Brasil

Everton Augusto Francisco Rosa   

Bolsista de Pesquisa de Melhoramento genético - Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Victor Felipe S. Costa Neves   

Bolsista Iniciação Científica CNPq – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Alexander Machado Auad   

Pesquisador – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.1001 

Resumo: A busca por tecnologias sustentáveis que não geram resíduos químicos no ambiente potencializa o uso de micro-organismos entomopatogênicos. Entre estes, destacam-se os fungos entomopatogênicos como candidatos promissores para medidas de controle biológico. Entretanto, além destes serem usados para fins de biocontrole em virtude de sua capacidade de matar insetos, eles podem promover crescimento e colonizar plantas, atuando como endófitos em parte de seu ciclo de vida. Sendo assim, os objetivos desta pesquisa foram: (i) analisar a capacidade de fitopatogenia dos fungos entomopatogênicos *Fusarium multiceps* e *Metarbizium anisopliae* em plantas de *Zea mays*, *Glycine max*, *Oryza sativa*, *Triticum aestivum*, *Phaseolus vulgaris*; (ii) analisar a via de inoculação dos fungos entomopatogênicos (iii) avaliar ganho de biomassa em plantas inoculadas com os fungos entomopatogênicos. Nos ensaios, os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* foram inoculados via tratamento de sementes, pulverização foliar e irrigação nas raízes das plantas. Utilizou-se dez repetições/planta/técnica/fungo (10 vasos x 3 técnicas x 2 fungos + controle = 70 vasos/planta). Nos testes de fitopatogenia, os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* não induziram nenhum sintoma de patologia nas plantas testadas. *F. multiceps* e *M. anisopliae* induziram a endofitose em todas as espécies de plantas testadas ao menos em uma das três técnicas de inoculação utilizadas. O ganho de biomassa não apresentou diferenças significativas para o fungo *F. multiceps*, em nenhuma das culturas testadas. A cultura do arroz, milho e soja apresentaram diferença significativa no ganho de biomassa para o fungo *M. anisopliae*. Este trabalho demonstrou a capacidade endofítica dos fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae*, a não fitopatogenia e ganho de biomassa em algumas culturas testadas.

Palavras-Chave: Biomassa. Endofitose. Fitopatogenia. Fungos entomopatogênicos.

1 INTRODUÇÃO

Os microrganismos entomopatogênicos são uma alternativa segura aos produtos fitossanitários (Mamani de Marchese & Filippone, 2018). Entre os microrganismos entomopatogênicos, os fungos têm se destacado como candidatos promissores para o controle biológico de pragas (Bamisile *et al.*, 2019). Tais fungos são em sua maioria específicos para os insetos alvos, não prejudicam animais vertebrados e não contaminam o meio ambiente (Baron *et al.*, 2019). Vários micoinseticidas foram desenvolvidos em todo o mundo desde 1960. *Metarbizium anisopliae* (Metschn.) Sorokín, *Isaria fumosorosea* e *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuill. são os fungos presentes nos produtos mais comuns disponíveis comercialmente no mundo inteiro (Faria; Wraight, 2007).

Os micoinseticidas são produtos formulados com propágulos vivos de fungos entomopatogênicos com adição de um ingrediente inerte, um adjuvante que facilita a manipulação e eficácia a campo (García de León; Mier, 2010). Existem várias opções de formulações, como pós solúveis, pós umectantes, granulados dispersíveis e solúveis em água e suspensões aquosas. A técnica de aplicação, a formulação escolhida, manipulação e fatores bióticos e abióticos no ambiente são fatores limitantes, pois afetam diretamente na eficácia, persistência e distribuição espacial dos propágulos fúngicos (González-Guzmán *et al.*, 2020).

Além dos fungos entomopatogênicos serem usados para o biocontrole, em virtude de sua capacidade de matar insetos, eles podem colonizar plantas, atuando como endófitos em parte de seu ciclo de vida (Espinoza *et al.*, 2019). Em muitos casos, eles podem melhorar a resistência ou tolerância da planta a estresses abióticos e bióticos (Sasan; Bidochka, 2012; Tall; Meyling, 2018). Estes fungos são capazes de alcançar e colonizar folhas e outros tecidos (Resquín-Romero *et al.*, 2016).

Além disso, *B. bassiana* aplicado em papoulas do ópio foi reisolado em sementes, indicando sua capacidade de transmissão vertical (Quesada-Moraga, López Díaz; Landa, 2014). Cepas de *Metarhizium* podem formar associações estáveis com plantas, tanto como colonizadores da rizosfera quanto como endófitos (Sasan; Bidochka, 2012; Rezende *et al.*, 2015). Esta característica de endofitismo pode favorecer os fungos pela proteção aos fatores externos, os quais podem inviabilizar sua eficácia e eficiência nos métodos convencionais de uso para o controle biológico (Campagnani *et al.*, 2024).

As plantas frequentemente abrigam fungos de forma assintomática em seus tecidos. Esses fungos endófitos invadem tecidos vegetais vivos em alguma parte do seu ciclo de vida, seja breve, ou ao longo de várias gerações de hospedeiros (Wilson, 1995). A definição de um endófito é ampla e permite vários grupos funcionais, como patógenos ou saprotróficos latentes, além de simbioses mutualistas e comensalistas. Por esta razão, o termo endófito é apenas indicativo da localização do organismo e não é sinônimo de um determinado papel, particularmente o de um agente protetor (Porrás-Alfaro; Bayman, 2011; McKindonn 2016). A detecção de endófitos é normalmente obtida por meio de várias técnicas, incluindo o isolamento direto de material fúngico do tecido da planta para o meio de cultura, detecção molecular ou microscopia.

Algumas espécies do gênero *Metarhizium* habitam o solo como sapróbios, (Hu; St. Leger, 2002), colonizam plantas como endófitos (Behie; Zelisko; Bidochka, 2012; González-Guzmán *et al.*, 2020), atuam como patógenos de insetos (Vega *et al.*, 2009) e também como antagonistas de fitopatógenos (Sasan; Bidochka, 2012). Alguns fungos entomopatogênicos possuem ciclo de vida multifuncional como patógenos de insetos e como simbioses de plantas (Brunner-Mendoza *et al.*, 2019). O grau de especificidade também é variável, por exemplo, *M. robertsii* pode infectar diversas espécies de insetos nas ordens Orthoptera, Dermaptera, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Coleoptera (Zimmermann, 2007). Outras espécies ou genótipos de *Metarhizium* são restritos a certos artrópodes. Por exemplo, *M. acridum* e *M. album* mostram uma estreita faixa de hospedeiros restrita aos Orthoptera e Hemiptera, respectivamente (Wang *et al.*, 2012). Todas estas características dos fungos entomopatogênicos favorecem a segurança de aplicação a campo. Uma revisão de biossegurança do uso de *Metarhizium* realizada por Zimmermann (2007), concluiu que

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

este fungo é seguro com risco mínimo para vertebrados, humanos e meio ambiente, entretanto novas linhagens devem ser testadas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi: (i) analisar a capacidade de fitopatogenia dos fungos entomopatogênicos *Fusarium multiceps* e *Metarhizium anisopliae* em plantas de *Zea mays*, *Glycine max*, *Oryza sativa*, *Triticum aestivum*, *Phaseolus vulgaris*; (ii) analisar a via de inoculação dos fungos entomopatogênicos (iv) avaliar ganho de biomassa em plantas inoculadas com os fungos entomopatogênicos

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal de São João del'Rei e em casa-de-vegetação sem controle climático, coberta com plástico transparente impermeável e lateralmente revestida com rede anti-afídio, localizada no campus Tancredo Neves da UFSJ, também na cidade de São João del'Rei. A temperatura média dentro da casa-de-vegetação foi de $18,05^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa $65\% \pm 30\%$.

Foram utilizados os fungos *Fusarium multiceps* UFMG 11443 e *Metarhizium anisopliae* UFMG 11444, isolados de cigarrinhas-da-pastagens infectadas *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae), coletadas na Fazenda Monaliza, no oeste do estado do Maranhão (Brasil), a 05.5255556° , 47.4430556° .

A fazenda é composta por pastagens de gramíneas *Urochloa brizantha* [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf] (Poaceae) cultivar 'Marundu' em um sistema silvipastoril que foi desenvolvido a partir da regeneração natural de arbustos e árvores nativas desde 1998. A fazenda está localizada em uma área de ecótono entre os biomas Amazônia e Cerrado.

As duas linhagens de fungos entomopatogênicos utilizadas nestes experimentos estão depositadas na Coleção de Microrganismos da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (CM-UFMG; World Data Center for Microorganisms [WDCM] 1029) com os seguintes números de acesso: *Fusarium multiceps* UFMGCB 11443 (Gen-Bank: ON831395) e *Metarhizium anisopliae* UFMGCB 11444 (GenBank: ON831396). Suas sequências de DNA estão depositadas no banco de dados de sequências do GenBank, usando o programa BLASTn (versão 2.215) do National Center for Bio-technology Information, disponível em seu site (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>).

2.1 Teste de Fitopatogenia

Os fungos *Fusarium multiceps* UFMG 11443 e *Metarhizium anisopliae* UFMG 11444 foram testados quanto à sua possível fitopatogenicidade. Foram usadas as espécies vegetais de *Zea mays* (milho), *Glycine max* (soja), *Oryza sativa* (arroz), *Triticum aestivum* (trigo), *Phaseolus vulgaris* (feijão), por serem as maiores monoculturas brasileiras. Foram utilizadas três técnicas de inoculação dos fungos nas plantas: na semente, na raiz por irrigação em plantas e pulverização foliar. O controle consistiu de plantas sem aplicação dos fungos. O experimento foi em blocos ao acaso em esquema com dez repetições; sendo 2 espécies de fungos x 3 técnicas de inoculação x 10 repetições + 10 controle), totalizando 70 vasos para cada uma das cinco espécies de planta. As sementes foram cultivadas em vasos de plástico de um a 10 litros, de acordo com a estrutura de cada planta, contendo substrato Tropstrato HT (Vida Verde) as quais foram plantadas de uma a seis sementes por vaso e adubadas com NPK 4-14-8. Durante o desenvolvimento das plantas, foi observado se houve algum sintoma fitopatológico.

2.2 Técnicas de Inoculação dos Fungos

2.2.1 Inoculação dos Fungos na Semente

As sementes foram previamente lavadas com etanol a 70% (1 min.), enxaguadas em água destilada estéril e novamente lavadas em hipoclorito de sódio (2%) por um minuto e enxaguadas com água destilada, para desinfestação superficial. Logo após, foram inoculadas em uma suspensão contendo 1×10^8 conídios/ml e 0,05% de Tween 80 como agente tensoativo, por 30 min. e semeadas. Após a germinação das sementes, as plantas foram deixadas em desenvolvimento por cerca de 45 dias, para avaliação da presença dos fungos nos tecidos vegetais, conforme detalhado mais adiante.

2.2.2 Inoculação do Fungo com Pulverização Foliar

Após a germinação e crescimento das plantas, que não tiveram as sementes inoculadas, (plantas com 30 dias) foi usada uma suspensão de cada fungo separadamente, contendo 1×10^8 conídios/mL para pulverização foliar, com auxílio de pulverizador manual com bicos de pequena vazão. Após a inoculação foliar dos fungos, as plantas foram deixadas em desenvolvimento por cerca de 60 dias, para avaliação da presença dos fungos inoculados nos tecidos vegetais, conforme detalhado mais adiante.

2.2.3 Inoculação do Fungo na Raiz

Para inoculação na raiz, plantas que não tiveram as sementes tratadas, foram irrigadas com 50 mL das suspensões dos diferentes fungos na concentração de 1×10^8 conídios/mL, adicionadas de 0,05% de Tween 80 como agente tensoativo, após 30 dias de plantio nos vasos.

2.3 Comprovação da Endofítia

Durante o período vegetativo das plantas, foram retirados três fragmentos de diferentes folhas de cada vaso, colocados em sacos plásticos estéreis, identificados e acondicionados separadamente em caixas térmicas e levados ao laboratório. Cada fragmento foi desinfestado na superfície por imersão em etanol a 70% (1 min) e 2% de hipoclorito de sódio (3 min), seguido de três lavagens com água destilada estéril (Carvalho *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2017). Após a desinfestação, um fragmento representante de cada folha foi colocado em placa de Petri contendo ágar Sabouraud. As placas foram incubadas a $26^\circ \pm 3^\circ\text{C}$ por aproximadamente 7 - 10 dias em câmara climatizada (BOD).

Após o crescimento dos fungos, as colônias foram preservadas em criotubos contendo água destilada estéril ou 15% de glicerol estéril a -20°C . Todos os isolados de fungos filamentosos tiveram as colônias fotografadas (frente e verso) e agrupadas de acordo com suas características macromorfológicas como cor da colônia (frente e verso), textura da superfície (frente e verso), aspecto da borda e tempo de crescimento. Estes isolados foram comparados com a macromorfologia dos fungos *M. anisopliae* UFMG 11444 e *F. multiceps* UFMG 11443 aplicados pelo método do microcultivo e microscopia. A identificação das espécies de fungos foi realizada com o auxílio de chaves de identificação de acordo com Alves (1998).

A endofítia foi confirmada quando mais de 60% das amostras apresentaram as características dos fungos aplicados. Os dados foram submetidos ao teste de Qui-quadrado de Pearson, e suas associações pelo V de Cramer, pelo programa estatístico SPSS Statistics versão 22.

2.4 Ganho de Biomassa nas Plantas Inoculadas com os Fungos

Após 60 dias de inoculação, as plantas foram cortadas rentes ao solo e individualmente pesadas e colocadas em sacos de papel e incubadas em estufa a 65°C por cinco a dez dias. Depois de secas, as plantas foram novamente pesadas em balança analítica realizada a diferença entre peso fresco e peso seco. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo programa estatístico SPSS Statistics versão 22.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fungos entomopatogênicos são valiosos agentes para a agricultura, atuando como controladores de insetos-praga e doenças de várias plantas cultivadas, induzindo a resistência de plantas a doenças (Santos *et al.*, 2012; Chagas *et al.* 2017). Esta classe de fungos estabelece associações mutualísticas com plantas e parasitas de insetos podendo ocorrer de forma individual colonizando tecidos vegetais, como foi sugerido, formando um tríplice interação entre planta-fungo-inseto (Branine; Bazzicalupo; Branco, 2019). Fungos endofíticos específicos podem proteger a planta hospedeira de várias pragas, e produzem compostos tóxicos ou modificam a resposta de defesa da planta hospedeira induzindo a resistência a pragas e patógenos (McKinnon *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2018).

Os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* não induziram diferenças significativas na ocorrência de sintomas aparentes de patologia nas plantas (Tabela 1). As plantas tratadas não apresentaram crescimento atrofiado ou clorose (manchas amareladas nas folhas), nas culturas do arroz, trigo, feijão, soja e milho nas três técnicas de inoculação do fungo *F. multiceps*. Apenas a inoculação via semente do fungo *M. anisopliae*, no milho, apresentou sintomas semelhantes com os das plantas controle do milho, que apresentaram fitopatogenia, sugerindo que não foi o fungo *M. anisopliae* que causaram os sintomas.

Em uma revisão na literatura sobre o fungo *Metarhizium*, Zimmermann (2007), afirma que fungos entomopatogênicos em investigações de campo não revelaram efeitos adversos em vertebrados, abelhas, insetos benéficos, minhocas e plantas. Estes fatos corroboram com os resultados deste estudo, onde os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps*, sugerem que as plantas foram beneficiadas e não apresentaram prejuízos. Mamani de Marchese e Filippone (2018), também afirmam que fungos entomopatogênicos são seguros para aplicação a campo e não causam prejuízo às plantas inoculadas. Intensificando este trabalho, demonstrando resultados semelhantes para os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae*, Gurulingappa *et al.* (2010) também testaram a fitopatogenia em trigo, milho e feijão com os fungos entomopatogênicos *Lecanicillium lecanii* (Zimmerm.), *B. bassiana*, *Aspergillus parasiticus* Spear e não apresentaram nenhum prejuízo às plantas.

Tabela 1 - Porcentagem de unidades experimentais (vasos) inoculados ou não com os fungos *Metarhizium anisopliae* UFMG 11444 e *Fusarium multiceps* UFMG 11443 testados que apresentaram sintomas de fitopatogenia segundo teste de Qui-quadrado com $P < 0,001$.

Fungo	Inoculação	Arroz	Milho	Trigo	Feijão	Soja
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Semente	0	20	0	0	0
	Folhas	0	0	0	0	0
	Raiz rega	0	0	0	0	0
	Controle	30	20	20	10	10

		$X^2_{(3)} = 9,73$	$X^2_{(3)} = 4,44$	$X^2_{(3)} = 6,32$	$X^2_{(3)} = 3,08$	$X^2_{(3)} = 3,08$
		P = 0,21	P = 0,22	P = 0,097	P = 0,38	P = 0,38
V de Cramer		0,49	0,33	0,4	0,28	0,28
<i>Fusarium multiceps</i>	Semente	0	0	0	0	0
	Folhas	0	0	0	0	0
	Raiz rega	0	0	0	0	0
	Controle	30	20	20	10	10
		$X^2_{(3)} = 9,73$	$X^2_{(3)} = 6,32$	$X^2_{(3)} = 6,32$	$X^2_{(3)} = 3,08$	$X^2_{(3)} = 3,08$
		P = 0,21	P = 0,097	P = 0,097	P = 0,38	P = 0,38
V de Cramer		0,49	0,4	0,4	0,28	0,28

Fonte: Autores, 2025.

Diversas espécies de *Metarhizium*, no México, são empregadas para controlar pragas de insetos como a cigarrinha (Hemiptera: Cercopidae) e gafanhotos (Orthoptera) que afetam culturas como milho, feijão e cana-de-açúcar, afirmam Brunner-Mendoza *et al.* (2019), sem causar nenhum prejuízo às plantas, conforme demonstrado neste estudo. Estes relatam que diversos estudos de biossegurança têm sido realizados com o gênero *Metarhizium*, mostrando uma alternativa segura aos inseticidas químicos. Em outros trabalhos, o grupo de pesquisa do presente estudo, obteve bons resultados na mortalidade de *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera), *Plutella xilostella* (Lepidoptera) e *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera) utilizando os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* nas vias endofíticas de *Urochloa ruziziensis* (Oliveira-Netto *et al.*, 2024), *Urochloa brizantha* (Campagnani *et al.*, 2024) e *Brassica oleracea* (Dados não publicados). A dupla capacidade de proteção do fungo *B. bassiana* contra *Rhizoctonia solani* e *Pythium yriotylum* em mudas de tomate tratadas foi demonstrado por Ownley *et al.* (2008). Em algodão, resultados positivos para o controle biológico de doenças causadas por *R. solani* com *B. bassiana* foram descritos por Griffin *et al.* (2005).

Quanto a segurança de aplicação a campo por agentes fúngicos, são detectados uma alta presença de insetos benéficos como abelhas em comparação com os químicos indicando que os tratamentos usados não afetaram o ecossistema (Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty *et al.*, 2021). Eles apresentaram evidências de que o meio ambiente não foi prejudicado, não ocorrendo efeitos negativos sobre os insetos benéficos. Consequentemente a utilização de fungos entomopatogênicos *F. multiceps* e *M. anisopliae*, tem potencial para ser aplicado sem causar efeitos negativos.

Os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* foram capazes de colonizar os tecidos de todas as espécies de plantas, em todas as três técnicas de inoculação testadas. Não ocorreu diferença significativa entre as diferentes técnicas de inoculação para cada fungo, exceto em relação ao controle. Nenhuma amostra das plantas controle apresentou morfologia ou microscopia semelhantes à dos fungos inoculados. Em todas as espécies, pela inoculação foliar, a endofítia foi

confirmada com a presença dos fungos em 60% ou mais das amostras, tanto para o fungo *M. anisopliae*, quanto para o *F. multiceps*. Nas inoculações por sementes e raízes, a endofítia foi confirmada em todos os tratamentos, porém alguns com menos de 60% das amostras apresentando colônias com morfologia semelhante aos fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* (Tabela 2).

Os fungos Hypocreales de endófitos é a ordem mais elucidada por serem entomopatógenos fúngicos conhecidos por causar infecções em insetos (Veja, 2008). Entre eles, *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin, também ocorre endofiticamente em várias espécies de plantas. Confirmou-se a habilidade dos fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* de colonizar os hospedeiros e de acordo com Vidal e Jaber (2015) fungos entomopatogênicos inoculados estabelecem em várias plantas de cultivo importantes, protegendo-as de doenças e ataques de insetos. O gênero *Trichoderma* (Hypocreales) é um dos mais utilizados contra fitopatógenos e fungos entomopatogênicos são altamente especializados e possuem características que possibilitam o uso como biopesticidas (Lacey *et al.*, 2015; Jaber e Ownley, 2018; Baron *et al.*, 2019).

Como esperado, nenhum dos fungos inoculados nos tratamentos foram reisolados nas plantas controle, reforçando González-Guzmán *et al.* (2020) que também não reisolaram os fungos estudados nos controles. O fungo *B. bassiana* foi reisolado em *Z. mays* onde também foi pulverizado sob as superfícies das folhas (Wagner e Lewis, 2000). Os conídios são depositados na superfície da folha, pela pulverização e a germinação pode ocorrer de duas formas: crescimento de hifas pela penetração ou superficialmente nas folhas. Em contrapartida, *B. bassiana*, aplicado ao milho em estágio de verticilo por aplicação foliar, coloniza, transloca e persiste em plantas de milho (Bing e Lewis, 1991). Corroborando com os resultados deste estudo, os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* colonizaram as folhas de todas espécies das plantas testadas, inclusive das plantas inoculadas nos tratamentos de sementes e raízes. A persistência da colonização fúngica endofítica dentro das plantas podem ser melhoradas pela aplicação repetida do agente microbiano por meio de pulverização foliar ou regas no solo (Jaber e Ownley, 2018). Esse grupo de fungos podem colonizar determinadas plantas hospedeiras com mais eficiência do que outras, que é afetado pela técnica de aplicação, conforme demonstrado neste trabalho, onde o reisolamento dos fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* por diferentes inoculações, obtiveram maior ou menor eficiência em colonizar as culturas testadas. Os fungos entomopatogênicos inclusive, podem colonizar tecidos vegetais por longos períodos afetando as atividades fisiológicas das plantas, mas os tecidos colonizados e a duração da persistência variam com o sistema (Wei *et al.*, 2020).

Todas as plantas foram significativamente diferentes entre os tratamentos em relação ao controle para o fungo *M. anisopliae* (Tabela 3), em que ao menos uma das técnicas promoveu o ganho de biomassa. As três técnicas de inoculação do fungo *F. multiceps*, não apresentaram

diferenças significativas em ganho de biomassa na cultura do trigo $F_{(39,3)} = 0,43$ e $P \geq 0,05$ e na soja $F_{(39,3)} = 2,72$ e $P \geq 0,05$. Nas outras culturas testadas, arroz, $F_{(39,3)} = 3,96$ e $P \leq 0,05$; milho, $F_{(39,3)} = 19,95$, $706 P \leq 0,05$; feijão, $F_{(39,3)} = 6,71$ e $P \leq 0,05$, ocorreu diferença significativa entre os tratamentos em relação ao controle (Tabela 3). No geral, as inoculações não prejudicaram o desenvolvimento das plantas, ao contrário, parecem tê-las beneficiado em alguns casos.

Os fungos do gênero *Trichoderma* estão diretamente associados à colonização de raiz e proporcionam o aumento, crescimento e o desenvolvimento das raízes de plantas, facilitando a absorção e utilização de nutrientes, seguido do aumento da resistência aos estresses abióticos e consequentemente da produtividade das plantas (Santos *et al.*, 2012; Chagas *et al.*, 2017). Com base nesta afirmação, os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps*, foram testados quanto ao potencial de promover o ganho de biomassa das plantas testadas. Sendo assim, foi verificado que o fungo *M. anisopliae* promoveu o ganho de biomassa em pelo menos uma das técnicas de inoculação para todas as culturas. O fungo *F. multiceps* obteve diferenças significativas no ganho de biomassa, exceto no trigo e na soja, comprovando Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty *et al.* (2021), que trataram sementes de milho com *B. bassiana* e não obtiveram diferença significativa na altura do milho em comparação com o controle. Entretanto, Russo *et al.* (2019), relataram um aumento na germinação de *Z. mays* tratando sementes com outra linhagem de *B. bassiana*. Neste trabalho, também foram tratadas sementes de milho com o fungo *M. anisopliae* e apresentaram diferença significativa com uma maior porcentagem de biomassa que os demais tratamentos. Este aumento no crescimento nas plantas também foi relatado por Khan *et al.* (2012) em plantas inoculadas com *M. anisopliae*. A inoculação via pulverização nas folhas estimula o crescimento de plantas, devido ao fato do spray foliar abranger maior contato aumentando a interação fungo-planta (Jaber e Enkerli, 2017; Wei *et al.*, 2020). Sendo assim, neste estudo, a maior porcentagem de biomassa ocorreu na soja inoculada nas folhas com o fungo *M. anisopliae*.

Resultados contraditórios podem ocorrer, em razão às diversas linhagens de fungos, espécies de plantas hospedeiras e variedades, ou mesmo em virtude às regiões geográficas de realização dos estudos (Qayyum *et al.*, 2015). Essas peculiaridades ocasionam características diferentes nas linhagens de fungos e plantas utilizadas para os testes. Como sugerido no presente trabalho que testou diferentes técnicas de inoculação dos fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* obtendo diferentes resultados.

Tabela 2 - Porcentagem média dos fungos *Fusarium multiceps* e *Metarbizium anisopliae* reisolados dos tecidos das plantas 90 dias após a inoculação.

Fungo	Inoculação	Arroz	Milho	Trigo	Feijão	Soja
<i>Metarbizium anisopliae</i>	Semente	50	70	50	60	60
	Folhas	60	70	70	70	70
	Raiz rega	50	60	60	60	60
	Controle	0	0	0	0	0
		$X^2_{(3)} = 8,0$ P = 0,23	$X^2_{(3)} = 17,66$ P = 0,007	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 15,28$ P = 0,18
V de Cramer		0,385	0,502	0,446	0,446	0,467
<i>Fusarium multiceps</i>	Semente	50	70	60	60	60
	Folhas	60	80	70	70	70
	Raiz rega	50	60	50	50	60
	Controle	0	0	0	0	0
		$X^2_{(3)} = 10,36$ P = 0,11	$X^2_{(3)} = 17,66$ P = 0,007	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 15,28$ P = 0,18
V de Cramer		0,389	0,502	0,446	0,446	0,467

Fonte: Autores, 2025.

Tabela 3 - Biomassa média (%) de plantas inoculados ou não com os fungos *Metarbizium anisopliae* e *Fusarium multiceps* testados-

FUNGO	Aplicação	ARROZ	Desvio Padrão	Erro Padrão	MILHO	Desvio Padrão	Erro Padrão	TRIGO	Desvio Padrão	Erro Padrão	FEIJÃO	Desvio Padrão	Erro Padrão	SOJA	Desvio Padrão	Erro Padrão
<i>Metarbizium anisopliae</i>	Semente	25,45 ^{a,b}	2,42	0,77	31,31 ^a	12,88	4,07	21,41 ^a	1,97	0,62	7,77 ^a	2,06	0,65	28,83 ^a	9,11	2,88
	Folhas	24,99 ^a	6,98	2,21	15,64 ^b	2,09	0,66	17,84 ^a	4,97	1,57	8,73 ^a	1,24	0,39	54,1 ^b	24,17	7,64
	Raiz rega	27,98 ^b	2,69	0,85	16,89 ^b	4,67	1,48	15,83 ^a	10,7	3,39	6,59 ^a	4,52	1,43	26,34 ^a	5,15	1,63
	Controle	22,09 ^{a,b}	4,67	1,48	27,03 ^a	6,06	1,91	17,22 ^a	9,3	2,94	7,17 ^a	1,02	0,32	27,57 ^a	3,16	1,0
	F _(39,3)	4,89		10,34			0,98				1,22			10,05		
	P	0,006		0,0			0,41				0,32			0,0		
<i>Fusarium multiceps</i>	Semente	25,26	2,45	0,77	22,89	7,71	2,44	20,85	8,34	2,64	10,88	4,32	1,37	24,27	8,78	2,7
	Folhas	24,99	6,89	2,18	26,28	17,33	5,48	20,25	3,99	1,26	9,66	3,84	1,21	29,49	12,64	3,99
	Raiz rega	27,59	2,12	0,67	15,64	2,09	0,66	21,42	15,86	5,01	12,30	6,62	2,09	26,75	2,99	0,95
	Controle	22,09	4,67	1,48	27,03	17,3	1,91	17,22	9,3	2,94	7,17	1,02	0,32	27,57	3,16	1,0
	F _(39,3)	1,68		2,70			0,33				2,41			0,73		
	P	0,19		0,6			0,8				0,083			0,54		

*Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autores, 2025

4 CONCLUSÃO

F. multiceps e *M. anisopliae* induziram a endofitismo em todas as espécies de plantas testadas ao menos em uma das três técnicas de inoculação utilizadas. O ganho de biomassa não apresentou diferenças significativas para o fungo *F. multiceps*, em nenhuma das culturas testadas. A cultura do arroz, milho e soja apresentaram diferença significativa no ganho de biomassa para o fungo *M. anisopliae*. Este trabalho demonstrou a capacidade endofítica dos fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae*, a não fitopatogenicidade e ganho de biomassa em algumas das culturas testadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. B. 1998. Fungos entomopatogênicos, pp. 289–381 In Alves SB [eds.], **Controle Microbiano de Insetos**. Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brazil.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Vol.1, Agricultural Chemical; Contaminants; Drugs. Arlington: AOAC Inc.; 1990. 68 p. Disponível em: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.19.90.pdf>. Acesso em: 10 ago 2018.
- BAMISILE, B. S.; DASH, C. K.; AKUTSE, K. S.; *et al.* Endophytic *Beauveria bassiana* in foliar-treated citrus lemon plants acting as a growth suppressor to three successive generations of *Diaphorina citri kumayama* (Hemiptera: Liviidae). **Insects**.10, 176, 2019.
- BARON, N. C.; RIGOBELLO, E. C.; ZIED, D. C. Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. **Chilean journal of agricultural research**, v. 79, n. 2, p. 307-315, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000200307>.
- BEHIE, S. W.; ZELISKO, P. M.; BIDOCHKA, M. J. Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. **Science**, n. 336, p. 1576–1577, 2012. DOI: 10.1126/science.1222289.
- BING, L. A.; LEWIS, L. C. Suppression of *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. **Environ. Entomol.** 20:1207–1211, 1991.
- BRANINE, M.; BAZZICALUPO, A.; BRANCO, S. Biology and applications of endophytic insect-pathogenic fungi. **Plos Pathog** 15(7):e1007831, 2019.
- BRUNNER-MENDOZA, C.; REYES-MONTES, M. R.; MOONJELY, S.; *et al.* 2019. A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico, **Biocontrol Science and Technology**, 29:1, 83-102, 2019. DOI: 10.1080/09583157.2018.1531111
- CAMPAGNANI, M. O.; AUAD, A. M.; MAURÍCIO, R. M.; *et al.* Endophytic capacity of entomopathogenic fungi and potential to control spittlebugs (Hemiptera:Cercopidae), **Agronomy**, 14, 943. 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050943>.
- CARVALHO, C. R.; GONÇALVES, V. N.; PEREIRA, C. B.; *et al.* 2012. The diversity, antimicrobial and anticancer activity of endophytic fungi associated with the medicinal plant *Wissén* Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

Tryphnodendron adstringens (Mart.) Coville (Fabaceae) from the Brazilian savannah. **Symbiosis** 57, 95e107.

CEPEA – Centro de estudos avançados em economia aplicada. ESALQ – USP 2021. **O PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 23 jun 2021.

CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; CARVALHO FILHO.; *et al.* *Bacillus subtilis* and *Trichoderma* sp. in biomass increase in soybean, beans, cowpea, corn and rice plants. **Agri-Environmental Sciences**. 3(2). 2017.

ESPINOZA, F.; VIDAL, S.; RAUTENBACH, F.; *et al.* Effects of *Beauveria bassiana* (Hypocreales) on plant growth and secondary metabolites of extracts of hydroponically cultivated chive (*Allium schoenoprasum* L. [Amaryllidaceae]). **Heliyon**, 5, e03038. 2019.

FARIA, M. R. D.; WRAIGHT, S. P. 2007. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, 43(3), 237–256, 2007. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2007.08.001

FERREIRA, M. C.; CANTRELL, C. L.; WEDGE, D. E.; *et al.* Diversity of the endophytic fungi associated with the ancient and narrowly endemic neotropical plant *Vellozia gigantea* from the endangered Brazilian rupestrian grasslands. **Biochemical Systematics And Ecology**, v. 71, p. 163-169, 2017.

GARCÍA DE LEÓN, S.; MIER, T. Visión general de la producción y aplicación de bioplaguicidas en México. **Sociedades Rurales, Producción Y Medio Ambiente**, 10(20), 37–63, 2010.

GONZÁLEZ-GUZMÁN, A.; SACRISTÁN, D.; QUESADA-MORAGA, E.; *et al.* Effects of entomopathogenic fungi on growth and nutrition in wheat grown on two calcareous soils: Influence of the fungus application method. **Ann Appl Biol**.177:26–40, 2020. DOI: 10.1111/aab.12596

GRIFFIN, M.; OWNLEY, B.; KLINGEMAN, W.; *et al.* Biocontrol of *Rhizoctonia* damping-off of cotton with endophytic *Beauveria bassiana*. **Phytopathology** 95:S36-S36, 2005.

GURULINGAPPA, P.; SWORD, G.; MURDOCH G.; *et al.* Colonization of crop plants by fungal entomopathogens and their effects on two insect pests when in planta. **Biol Control**. 55:34–41, 2010.

HU, G.; ST. LEGER, R. Field studies using a recombinant mycoinsecticide (*Metarhizium anisopliae*) reveal that it is rhizosphere competent. **Applied and Environmental Microbiology**, 68(12), 6383–6387, 2002. DOI:10.1128/AEM.68.12.6383

JABER, L., ENKERLI, J. Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? **Biocontrol Sci Technol** 27(1):28–41, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1243227>

JABER, L., OWNLEY B. 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? **Biol Control** 116:36–45, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.013>.

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

KHAN, A. L.; HAMAYUN, M.; KHAN, S. A.; *et al.* 2012. **Pure culture of *Metarhizium anisopliae* LHL07 reprograms soybean to higher growth and mitigates salt stress.** World J. Microbiol. Biotechnol. 28, 1483–1494, 2012.

KUZHUPPILLYMYAL-PRABHAKARANKUTTY, L.; FERRARA-RIVERO, F. H.; TAMEZ-GUERRA, P.; *et al.* **Effect of *Beauveria bassiana* Seed Treatment on *Zea mays* L. Response against *Spodoptera frugiperda*.** Appl. Sci. 11, 2887, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11072887>.

LACEY, L. A.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; *et al.* 2015. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. J. **Invertebr. Pathol.** 132, 141.

MANTZOUKAS, S., ELIOPOULOS, P. A. 2020. Endophytic Entomopathogenic Fungi: A Valuable Biological Control Tool against Plant Pests. **Appl. Sci.** 10, 360, 2020.

MCKINNON, A. C., SAARI, S., MORAN-DIEZ, M. E., *et al.* 2016. *Beauveria bassiana* as an endophyte: a critical review on associated methodology and biocontrol potential. **BioControl**. 2016. DOI: 10.1007/s10526-016-9769-5.

OLIVEIRA NETTO, P. M.; AUAD, A. M.; MENDONÇA, M. O. M.; *et al.* Endophytic potential of entomopathogenic fungi associated with *Urochloa ruziziensis* (Poaceae) for spittlebug (Hemiptera: Cercopidae) control. **Florida Entomologist** 107. 2024. <https://doi.org/10.1515/flaent-2024-0043>.

OWNLEY, B.H.; GRIFFIN, M. R.; KLINGEMAN, W. E.; *et al.* 2008. *Beauveria bassiana*: **Endophytic colonization and plant disease control.** J. of **Invertebrate Pathology** 98:267-270, 2008. DOI: 10.1016/j.jip.2008.01.010.

QAYYUM, M. A.; WAKIL, W.; ARIF, M. J., *et al.* Infection of *Helicoverpa armigera* by endophytic *Beauveria bassiana* colonizing tomato plants. **Biol. Control** 90, 200–207, 2015.

QUESADA-MORAGAA, E., NAVAS-CORTES, J. A., MARANHÃO, E. A. A., *et al.* Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and cultivated soils. **Mycological Research** 111: 947–966, 2007.

QUESADA-MORAGA, E., LOPEZ-DIAZ, C., BEATRIZ LANDA, B. 2014. The hidden habit of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: first demonstration of vertical plant transmission. **PLoS ONE** 9(2):e89278, 2014.

PORRAS-ALFARO, A., BAYMAN, P. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. **Annu Rev Phytopath** 49:291–315, 2011.

RESQUÍN-ROMERO, G.; GARRIDO-JURADO, I.; DELSO, C.; *et al.* Transient endophytic colonizations of plants improve the outcome of foliar applications of mycoinsecticides against chewing insects. J. of **Invertebrate Pathology**, 136, 23–31, 2016.

REZENDE, J. M., ZANARDO, A. B. R., DA SILVA LOPES; *et al.* Phylogenetic diversity of Brazilian *Metarhizium* associated with sugarcane agriculture. **BioControl**, 60(4), 495–505, 2015. DOI: 10.1007/s10526-015-9656-5.

ROBERTS, D. W.; HAJEK, A. E. 1992. **Entomopathogenic fungi as bioinsecticides**. In: G. F. Leatham (Ed.), *Frontiers in industrial mycology* (pp. 144–159). New York, NY: Chapman & Hill. 1992.

RUSSO, M. L.; SCORSETTI, A. C.; VIANNA, M. F.; *et al.* **Endophytic Effects of *Beauveria bassiana* on Corn (*Zea mays*) and Its Herbivore, *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae)**. *Insects*, 10, 110, 2019.

SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, M. S.; *et al.* Influência de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial de *Thielaviopsis paradoxa*. **Scientia plena**, 8(4):1-5, 2012.

SASAN, R. K.; BIDOCHKA, M. J. **The insect-pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* (Clavicipitaceae) is also an endophyte that stimulates plant root development**. *American Journal of Botany*, 99(1), 101–107, 2012. DOI:10.3732/ajb.1100136.

SOUZA, A. C. B.; GUIMARÃES, A. G. L. P.; BEZERRA, N. S.; *et al.* Avaliação de Substratos Brutos Alternativos para Produção do Fungo Entomopatogênico *Beauveria Bassiana* (Bals) Vuillemin (Deuteromycotina:Hyphomycetes). **Revista Saúde e Ciência**, 7 (2)502 p, 2018.

TALL, S., MEYLING, N. V. 2018. **Probiotics for plants? Growth promotion by the Entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* depends on nutrient availability**. *Microbial Ecology*, 76, 1002–1008.

VEGA, F. E. F., POSADA, M. C., AIME, M.; *et al.* 2008. **Entomopathogenic fungal endophytes**. *Biol. Control* 46: 72Ð82.

VEGA, F. E.; GOETTEL, M. S.; BLACKWELL, M.; *et al.* Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal Ecology**, 2(4), 149–159, 2009. DOI:10.1016/j.funeco.2009.05.001

VIDAL, S., JABER, L. R. Entomopathogenic fungi as endophytes: lantendophyte-herbivore interactions and prospects for use in biological control. **Current Sci** 109:46–54, 2015.

WAGNER, B. B., LEWIS, L. C. Colonization of corn by *Beauveria bassiana*. **Applied and Environmental Microbiology**. 66 (8) 3468–3473, 2000.

WANG, B., KANG, Q.; LU, Y., *et al.* 2012. Unveiling the biosynthetic puzzle of destruxins in *Metarhizium* species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 109(4), 1287–1292. DOI:10.1073/pnas.1115983109

WEI, QIU-YANG, LI, YA-YING, XU, CHEN, *et al.* 2020. Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* increases the resistance of tomatoes against *Bemisia tabaci*. **Arthropod-Plant Interactions**. 14:289-300. DOI: 10.1007 /s11829-020-09746-9

WILSON, D. **Endophyte—the evolution of a term, and clarification of its use and definition**. *Oikos* 73:274–276, 1995.

ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science and Technology**, 17(9), 879–920, 2007. DOI: 10.1080/09583150701593963.

CAPÍTULO 17

AÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS INOCULADOS POR DIFERENTES VIAS EM PLANTAS

Michelle Campagnani   

Pós-Doutorado – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora - MG, Brasil

Luís Augusto Calsavara   

Mestrando - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Brasil

Bruno Antônio Verissimo   

Bolsista da Embrapa Gado de Leite - Juiz de Fora – MG, Brasil

Everton Augusto Francisco Rosa   

Bolsista de Pesquisa de Melhoramento genético - Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Victor Felipe S. Costa Neves   

Bolsista Iniciação Científica CNPq – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

Alexander Machado Auaud   

Pesquisador – Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora – MG, Brasil

DOI: 10.52832/wed.170.1002 

Resumo: A busca por tecnologias sustentáveis que não geram resíduos químicos no ambiente potencializa o uso de micro-organismos entomopatogênicos. Entre estes, destacam-se os fungos entomopatogênicos como candidatos promissores para medidas de controle biológico. Entretanto, além destes serem usados para fins de biocontrole, em virtude de sua capacidade de matar insetos, eles podem promover crescimento e colonizar plantas, atuando como endófitos em parte de seu ciclo de vida. Sendo assim, os objetivos desta pesquisa foram: (i) analisar a endofitia em função da via de inoculação dos fungos entomopatogênicos *Fusarium multiceps* e *Metarhizium anisopliae* em plantas de *Zea mays*, *Glycine max*, *Oryza sativa*, *Triticum aestivum*, *Phaseolus vulgaris*; (ii) avaliar ganho de biomassa em plantas inoculadas com os fungos entomopatogênicos. (iii) analisar a capacidade de fitopatogenia dos fungos entomopatogênicos. Nos ensaios, os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* foram inoculados via tratamento de sementes, pulverização foliar e irrigação nas raízes das plantas. Utilizou-se dez repetições/planta/técnica/fungo (10 vasos x 3 técnicas x 2 fungos + controle = 70 vasos/planta). *Fusarium multiceps* e *M. anisopliae* induziram a endofitia em todas as espécies de plantas testadas ao menos em uma das três técnicas de inoculação utilizadas. O ganho de biomassa não apresentou diferenças significativas para o fungo *F. multiceps*, em nenhuma das culturas testadas. A cultura do arroz, milho e soja apresentaram diferença significativa no ganho de biomassa para o fungo *M. Anisopliae*. Nos testes de fitopatogenia, os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* não induziram nenhum sintoma de patologia nas plantas testadas. Este trabalho demonstrou a capacidade endofítica dos fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae*, a não fitopatogenia e ganho de biomassa em algumas culturas testadas.

Palavras-Chave: Biomassa. Endofitia. Fitopatogenia. Fungos entomopatogênicos.

1 INTRODUÇÃO

Os micro-organismos entomopatogênicos são uma alternativa segura aos produtos fitossanitários (Mamani de Marchese; Filippone, 2018), Entre estes os fungos têm se destacado como candidatos promissores para o controle biológico de pragas (Bamisile *et al.*, 2019). Tais fungos são em sua maioria específicos para os insetos alvos, não prejudicam animais vertebrados e não contaminam o meio ambiente (Baron *et al.*, 2019). Vários micoinseticidas foram desenvolvidos em todo o mundo desde 1960. *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokín, *Isaria fumosorosea* e *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuill. são os fungos presentes nos produtos mais comuns disponíveis comercialmente no mundo inteiro (Faria; Wraight, 2007). Os micoinseticidas são produtos formulados com propágulos vivos de fungos entomopatogênicos com adição de um ingrediente inerte, um adjuvante que facilita a manipulação e eficácia a campo (García de León; Mier, 2010). Existem várias opções de formulações, como pós solúveis, pós umectantes, granulados dispersíveis e solúveis em água e suspensões aquosas. A técnica de aplicação, a formulação escolhida, manipulação e fatores bióticos e abióticos no ambiente são fatores limitantes, pois afetam diretamente na eficácia, persistência e distribuição espacial dos propágulos fúngicos (González-Guzmán *et al.*, 2020).

Além dos fungos entomopatogênicos serem usados para o biocontrole, em virtude de sua capacidade de matar insetos, eles podem colonizar plantas, atuando como endófitos em parte de

seu ciclo de vida (Espinoza *et al.*, 2019). Em muitos casos, eles podem melhorar a resistência ou tolerância da planta a estresses abióticos e bióticos (Sasan; Bidochka, 2012; Tall; Meyling, 2018). Estes fungos são capazes de alcançar e colonizar folhas e outros tecidos (Resquín-Romero *et al.*, 2016). Além disso, *B. bassiana* aplicado em papoulas do ópio foi reisolado em sementes, indicando sua capacidade de transmissão vertical (Quesada-Moraga; López Díaz; Landa, 2014). Cepas de *Metarhizium* podem formar associações estáveis com plantas, tanto como colonizadores da rizosfera quanto como endófitos (Sasan; Bidochka, 2012; Rezende *et al.*, 2015). Esta característica de endofítia pode favorecer os fungos pela proteção aos fatores externos, os quais podem inviabilizar sua eficácia e eficiência nos métodos convencionais de uso para o controle biológico (Campagnani *et al.*, 2024).

As plantas frequentemente abrigam fungos de forma assintomática em seus tecidos. Esses fungos endófitos invadem tecidos vegetais vivos em alguma parte do seu ciclo de vida, seja breve, ou ao longo de várias gerações de hospedeiros (Wilson, 1995). A definição de um endófito é ampla e permite vários grupos funcionais, como patógenos ou saprotróficos latentes, além de simbioses mutualistas e comensalistas. Por esta razão, o termo endófito é apenas indicativo da localização do organismo e não é sinônimo de um determinado papel, particularmente o de um agente protetor (Porras-Alfaro; Bayman, 2011; McKindonn, 2016). A detecção de endófitos é normalmente obtida por meio de várias técnicas, incluindo o isolamento direto de material fúngico do tecido da planta para o meio de cultura, detecção molecular ou microscopia.

Algumas espécies do gênero *Metarhizium* habitam o solo como sapróbios, (Hu; St. Leger, 2002), colonizam plantas como endófitos (Behie; Zelisko; Bidochka, 2012; González-Guzmán *et al.*, 2020), atuam como patógenos de insetos (Vega *et al.*, 2009) e também como antagonistas de fitopatógenos (Sasan; Bidochka, 2012). Alguns fungos entomopatogênicos possuem ciclo de vida multifuncional como patógenos de insetos e como simbioses de plantas (Brunner-Mendoza *et al.*, 2019). O grau de especificidade também é variável, por exemplo, *M. robertsii* pode infectar diversas espécies de insetos nas ordens Orthoptera, Dermaptera, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Coleoptera (Zimmermann, 2007). Outras espécies ou genótipos de *Metarhizium* são restritos a certos artrópodes. Por exemplo, *M. acridum* e *M. album* mostram uma estreita faixa de hospedeiros restrita aos Orthoptera e Hemiptera, respectivamente (Wang *et al.*, 2012). Todas estas características dos fungos entomopatogênicos favorecem a segurança de aplicação a campo. Uma revisão de biossegurança do uso de *Metarhizium* realizada por Zimmermann (2007), concluiu que este fungo é seguro com risco mínimo para vertebrados, humanos e meio ambiente, entretanto novas linhagens devem ser testadas.

Entretanto, diversas doenças em plantas são transmitidas por patógenos microbianos que são responsáveis por reduções de até 90% da safra (Nazarov *et al.*, 2020). Deste montante, os fungos provocam até 30% das doenças nas plantações (Jain *et al.*, 2019). Por ano há um prejuízo de mais de 60 bilhões de dólares por causa das doenças causadas pelos fungos apenas no arroz, trigo e milho (Fisher *et al.*, 2012; Savary *et al.*, 2019). O gênero *Fusarium* é o mais onipresente entre os fungos patógenos de plantas que compreende mais de 1500 espécies (Leslie e Summerell, 2006), e, novas descrições de espécies estão sendo continuamente produzidas (Gutiérrez-Sánchez *et al.*, 2023). À medida que essas espécies são descritas, o conhecimento sobre a filogenia, e papel ecológico nos ecossistemas do *Fusarium* aumentam e se tornam mais compreendidas suas funções na natureza (Laurence *et al.*, 2015) e possíveis interações benéficas como o uso em controle biológico de pragas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi: (i) analisar a endofítia em função da via de inoculação dos fungos entomopatogênicos *Fusarium multiceps* e *Metarhizium anisopliae* em plantas de *Zea mays*, *Glycine max*, *Oryza sativa*, *Triticum aestivum*, *Phaseolus vulgaris*; (ii) avaliar ganho de biomassa em plantas inoculadas com os fungos entomopatogênicos; (iii) analisar a capacidade de fitopatogenia dos fungos entomopatogênicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal de São João del'Rei e em casa-de-vegetação sem controle climático, coberta com plástico transparente impermeável e lateralmente revestida com rede anti-afídio, localizada no campus Tancredo Neves da UFSJ, também na cidade de São João del'Rei. A temperatura média dentro da casa-de-vegetação foi de $18,05^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa $65\% \pm 30\%$.

Foram utilizados os fungos *Fusarium multiceps* UFMG 11443 e *Metarhizium anisopliae* UFMG 11444, isolados de cigarrinhas-da-pastagens infectadas *Mahanarva spectabilis* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae), coletadas na Fazenda Monaliza, no oeste do estado do Maranhão (Brasil), a 05.5255556° , 47.4430556° . A fazenda é composta por pastagens de gramíneas *Urochloa brizantha* [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf] (Poaceae) cultivar 'Marundu' em um sistema silvipastoril que foi desenvolvido a partir da regeneração natural de arbustos e árvores nativas desde 1998. A fazenda está localizada em uma área de ecótono entre os biomas Amazônia e Cerrado.

As duas linhagens de fungos entomopatogênicos utilizadas nestes experimentos estão depositadas na Coleção de Microrganismos da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (CM-UFMG; World Data Center for Microorganisms [WDCM] 1029) com os seguintes números de Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

acesso: *Fusarium multiceps* UFMGCB 11443 (Gen-Bank: ON831395) e *Metarhizium anisopliae* UFMGCB 11444 (GenBank: ON831396). Suas sequências de DNA estão depositadas no banco de dados de sequências do GenBank, usando o programa BLASTn (versão 2.215) do National Center for Bio-technology Information, disponível em seu site (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>).

2.1 Técnicas de Inoculação dos Fungos

2.1.1 Inoculação dos Fungos na Semente

As sementes foram previamente lavadas com etanol a 70% (1 min.), enxaguadas em água destilada estéril e novamente lavadas em hipoclorito de sódio (2%) por um minuto e enxaguadas com água destilada, para desinfestação superficial. Logo após, foram inoculadas em uma suspensão contendo 1×10^8 conídios/ml e 0,05% de Tween 80 como agente tensoativo por 30 min. e semeadas. Após a germinação das sementes, as plantas foram deixadas em desenvolvimento por cerca de 45 dias, para avaliação da presença dos fungos nos tecidos vegetais, conforme detalhado mais adiante.

2.1.2 Inoculação do Fungo com Pulverização Foliar

Após a germinação e crescimento das plantas, que não tiveram as sementes inoculadas, (plantas com 30 dias) foi usada uma suspensão de cada fungo separadamente, contendo 1×10^8 conídios/mL para pulverização foliar, com auxílio de pulverizador manual com bicos de pequena vazão. Após a inoculação foliar dos fungos, as plantas foram deixadas em desenvolvimento por cerca de 60 dias, para avaliação da presença dos fungos inoculados nos tecidos vegetais, conforme detalhado mais adiante.

2.1.3 Inoculação do Fungo na Raiz

Para inoculação na raiz, plantas que não tiveram as sementes tratadas, foram irrigadas com 50 mL das suspensões dos diferentes fungos na concentração de 1×10^8 conídios/mL, adicionadas de 0,05% de Tween 80 como agente tensoativo, após 30 dias de plantio nos vasos.

2.2 Comprovação da Endofítia

Durante o período vegetativo das plantas, foram retirados três fragmentos de diferentes folhas de cada vaso, colocados em sacos plásticos estéreis, identificados e acondicionados separadamente em caixas térmicas e levados ao laboratório. Cada fragmento foi desinfestado na superfície por imersão em etanol a 70% (1 min) e 2% de hipoclorito de sódio (3 min), seguido de

três lavagens com água destilada estéril (Carvalho *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2017). Após a desinfestação, um fragmento representante de cada folha foi colocado em placa de Petri contendo ágar Sabouraud. As placas foram incubadas a $26^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 7 - 10 dias em câmara climatizada (BOD).

Após o crescimento dos fungos, as colônias foram preservadas em criotubos contendo água destilada estéril ou 15% de glicerol estéril a -20°C . Todos os isolados de fungos filamentosos tiveram as colônias fotografadas (frente e verso) e agrupadas de acordo com suas características macromorfológicas como cor da colônia (frente e verso), textura da superfície (frente e verso), aspecto da borda e tempo de crescimento. Estes isolados foram comparados com a macromorfologia dos fungos *M. anisopliae* UFMG 11444 e *F. multiceps* UFMG 11443 aplicados pelo método do microcultivo e microscopia. A identificação das espécies de fungos foi realizada com o auxílio de chaves de identificação de acordo com Alves (1998).

A endofítia foi confirmada quando mais de 60% das amostras apresentaram as características dos fungos aplicados. Os dados foram submetidos ao teste de Qui-quadrado de Pearson, e suas associações pelo V de Cramer, pelo programa estatístico SPSS Statistics versão 22.

2.3 Ganho de Biomassa nas Plantas Inoculadas com os Fungos

Após 60 dias de inoculação, as plantas foram cortadas rentes ao solo e individualmente pesadas e colocadas em sacos de papel e incubadas em estufa a 65°C por cinco a dez dias. Depois de secas, as plantas foram novamente pesadas em balança analítica realizada a diferença entre peso fresco e peso seco. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo programa estatístico SPSS Statistics versão 22.

2.4 Teste de Fitopatogenia

Os fungos *Fusarium multiceps* UFMG 11443 e *Metarhizium anisopliae* UFMG 11444 foram testados quanto à sua possível fitopatogenicidade. Foram usadas as espécies vegetais de *Zea mays* (milho), *Glycine max* (soja), *Oryza sativa* (arroz), *Triticum aestivum* (trigo), *Phaseolus vulgaris* (feijão), por serem as maiores monoculturas brasileiras. Foram utilizadas três técnicas de inoculação dos fungos nas plantas: na semente, na raiz por irrigação em plantas e pulverização foliar. O controle consistiu de plantas sem aplicação dos fungos. O experimento foi em blocos ao acaso em esquema com dez repetições; sendo 2 espécies de fungos x 3 técnicas de inoculação x 10 repetições + 10 controle), totalizando 70 vasos para cada uma das cinco espécies de planta. As sementes foram cultivadas em vasos de plástico de um a 10 litros, de acordo com a estrutura de cada planta, contendo substrato

Tropstrato HT (Vida Verde) as quais foram plantadas de uma a seis sementes por vaso e adubadas com NPK 4-14-8. Durante o desenvolvimento das plantas, foi observado se houve algum sintoma fitopatológico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fungos entomopatogênicos são valiosos agentes para a agricultura, atuando como controladores de insetos-praga e doenças de várias plantas cultivadas, induzindo a resistência de plantas a doenças (Santos *et al.*, 2012; Chagas *et al.* 2017). Esta classe de fungos estabelece associações mutualísticas com plantas e parasitas de insetos podendo ocorrer de forma individual colonizando tecidos vegetais, como foi sugerido, formando um tríplice interação entre planta-fungo-inseto (Branine, Bazzicalupo e Branco, 2019). Fungos endofíticos específicos podem proteger a planta hospedeira de várias pragas, e produzem compostos tóxicos ou modificam a resposta de defesa da planta hospedeira induzindo a resistência a pragas e patógenos (McKinnon *et al.*, 2017; Souza *et al.*; 2018).

Diversas espécies do gênero *Fusarium* spp. estão entre os patógenos fúngicos mais prevalentes, em diversas culturas amplamente distribuídas em todo o mundo (Gordon, 2017). Os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* não induziram diferenças significativas na ocorrência de sintomas aparentes de patologia nas plantas (Tabela 1). As plantas tratadas não apresentaram crescimento atrofiado ou clorose (manchas amareladas nas folhas), nas culturas do arroz, trigo, feijão, soja e milho nas três técnicas de inoculação do fungo *F. multiceps*. Apenas a inoculação via semente do fungo *M. anisopliae*, no milho, apresentou sintomas semelhantes com os das plantas controle do milho, que apresentaram clorose, sugerindo que não foi o fungo *M. anisopliae* que causaram os sintomas. e Mamani de Marchese e Filippone (2018), também afirmam que fungos entomopatogênicos não causam danos às plantas inoculadas. Intensificando este trabalho, com resultados semelhantes para os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae*, Gurulingappa *et al.* (2010) também testaram em trigo, milho e feijão se os fungos entomopatogênicos *Lecanicillium lecanii* (Zimmern.), *B. bassiana*, *Aspergillus parasiticus* Spear apresentavam prejuízo às plantas e não obtiveram resultados negativos.

Tabela 1 - Porcentagem de plantas com sintomas de fitopatogenia após terem contato com os fungos *Metarhizium anisopliae* UFMG 11444 e *Fusarium multiceps* UFMG 11443 em diferentes vias de inoculação.

Fungo	Inoculação	Arroz	Milho	Trigo	Feijão	Soja
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Semente	0	20	0	0	0
	Folhas	0	0	0	0	0
	Raiz rega	0	0	0	0	0
	Controle	30	20	20	10	10
		$X^2_{(3)} = 9,73$	$X^2_{(3)} = 4,44$	$X^2_{(3)} = 6,32$	$X^2_{(3)} = 3,08$	$X^2_{(3)} = 3,08$

		P = 0,21	P = 0,22	P = 0,097	P = 0,38	P = 0,38
V de Cramer		0,49	0,33	0,4	0,28	0,28
<i>Fusarium multiceps</i>	Semente	0	0	0	0	0
	Folhas	0	0	0	0	0
	Raiz rega	0	0	0	0	0
	Controle	30	20	20	10	10
		X ² ₍₃₎ = 9,73	X ² ₍₃₎ = 6,32	X ² ₍₃₎ = 6,32	X ² ₍₃₎ = 3,08	X ² ₍₃₎ = 3,08
		P = 0,21	P = 0,097	P = 0,097	P = 0,38	P = 0,38
V de Cramer		0,49	0,4	0,4	0,28	0,28

Teste de Qui-quadrado de Person com $P < 0,001$ e suas associações pelo V de Cramer.

Fonte: Autores, 2025.

Diversas espécies e linhagens de *Metarhizium*, no México, são empregadas para controlar pragas de insetos como a cigarrinha (Hemiptera: Cercopidae) e gafanhotos (Orthoptera) que afetam culturas como milho, feijão e cana-de-açúcar, afirmam Brunner-Mendoza *et al.* (2019), sem causar nenhum prejuízo às plantas, conforme demonstrado neste estudo. Em outros trabalhos, o grupo de pesquisa do presente estudo, obteve bons resultados na mortalidade de *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera), *Plutella xilostella* (Lepidoptera) e *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera) utilizando os fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* nas vias endofíticas de *Urochloa ruziziensis* (Oliveira-Netto *et al.*, 2024), *Urochloa brizantha* (Campagnani *et al.*, 2024) e *Brassica oleracea* (Dados não publicados). A dupla capacidade de proteção do fungo *B. bassiana* contra *Rhizoctonia solani* e *Pythium yriotylym* em mudas de tomate tratadas foi demonstrado por Ownley *et al.* (2008), não causando nenhum prejuízo às plantas.

Os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* foram capazes de colonizar os tecidos de todas as espécies de plantas, em todas as três técnicas de inoculação testadas. Não ocorreu diferença significativa entre as diferentes técnicas de inoculação para cada fungo, exceto em relação ao controle. Nenhuma amostra das plantas controle apresentou morfologia ou microscopia semelhantes à dos fungos inoculados. Em todas as espécies, pela inoculação foliar, a endofítia foi confirmada com a presença dos fungos em 60% ou mais das amostras, tanto para o fungo *M. anisopliae*, quanto para o *F. multiceps*. Nas inoculações por sementes e raízes, a endofítia foi confirmada em todos os tratamentos, porém alguns com menos de 60% das amostras apresentando colônias com morfologia semelhante aos fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* (Tabela 2).

Os fungos Hypocreales de endófitos é a ordem mais elucidada por serem entomopatógenos fúngicos conhecidos por causar infecções em insetos (Veja, 2008). Entre eles, *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin, também ocorre endofiticamente em várias espécies de plantas. Confirmou-se a habilidade dos fungos *F. multiceps* e *M. anisopliae* de colonizar os hospedeiros e de

acordo com Vidal e Jaber (2015) fungos entomopatogênicos inoculados estabelecem em várias plantas de cultivo importantes, protegendo-as de doenças e ataques de insetos.

Como esperado, nenhum dos fungos inoculados nos tratamentos foram reisolados nas plantas controle, reforçando González-Guzmán *et al.* (2020) que também não reisolaram os fungos estudados nos controles. Como ocorrido neste trabalho onde os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* foram isolados de tecidos das plantas pulverizadas, Wagner e Lewis (2000) reisolaram o fungo *B. bassiana* em *Z. mays* onde também foi pulverizado sob as superfícies das folhas. Bing e Lewis (1991), averiguaram que os conídios são depositados na superfície da folha, pela pulverização e a germinação pode ocorrer de duas formas: crescimento de hifas pela penetração ou superficialmente nas folhas. Em contrapartida, *B. bassiana*, aplicado ao milho em estágio de verticilo por aplicação foliar, coloniza, transloca e persiste em plantas de milho. Corroborando com os resultados deste estudo, os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* colonizaram as folhas de todas espécies das plantas testadas, inclusive das plantas inoculadas nos tratamentos de sementes e raízes. A persistência da colonização fúngica endofítica dentro das plantas podem ser melhoradas pela aplicação repetida do agente microbiano por meio de pulverização foliar ou regas no solo (Jaber e Ownley, 2018). Os fungos endofíticos podem colonizar determinadas plantas hospedeiras com mais eficiência do que outras, que é afetado pela técnica de aplicação, conforme demonstrado neste trabalho, onde o reisolamento dos fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* por diferentes métodos de inoculação, obtiveram maior ou menor eficiência em colonizar as culturas testadas. Os fungos entomopatogênicos inclusive, podem colonizar tecidos vegetais por longos períodos afetando as atividades fisiológicas das plantas, mas os tecidos colonizados e a duração da persistência variam com o sistema (Wei *et al.*, 2020).

Todas as plantas foram significativamente diferentes entre os tratamentos em relação ao controle para o fungo *M. anisopliae* (Tabela 3), em que ao menos uma das técnicas promoveu o ganho de biomassa. As três técnicas de inoculação do fungo *F. multiceps*, não apresentaram diferenças significativas em ganho de biomassa na cultura do trigo ($F_{(39,3)} = 0,43$; $P \geq 0,05$) e na soja ($F_{(39,3)} = 2,72$; $P \geq 0,05$). Nas outras culturas testadas, arroz, ($F_{(39,3)} = 3,96$; $P \leq 0,05$); milho, ($F_{(39,3)} = 19,95$, 706; $P \leq 0,05$); feijão, ($F_{(39,3)} = 6,71$; $P \leq 0,05$), ocorreu diferença significativa entre os tratamentos em relação ao controle (Tabela 3). No geral, as inoculações não prejudicaram o desenvolvimento das plantas, ao contrário, parecem tê-las beneficiado em alguns casos. Corroborando com estes resultados Santos *et al.* (2012) e Chagas *et al.* (2017) afirmam que os fungos do gênero *Trichoderma* estão diretamente associados à colonização de raiz e proporcionam o aumento, crescimento e o desenvolvimento das raízes de plantas, facilitando a absorção e utilização de nutrientes, seguido do aumento da resistência aos estresses abióticos e

consequentemente da produtividade das plantas. Com base nestes dados, os fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps*, foram investigados quanto ao potencial de promover o ganho de biomassa das plantas testadas. Sendo assim, foi verificado que o fungo *M. anisopliae* promoveu o ganho de biomassa em pelo menos uma das técnicas de inoculação para todas as culturas. O fungo *F. multiceps* obteve diferenças significativas no ganho de biomassa, exceto no trigo e na soja, comprovando Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty *et al.* (2021), que trataram sementes de milho com *B. bassiana* e não obtiveram diferença significativa na altura do milho em comparação com o controle. Entretanto, Russo *et al.* (2019), relataram um aumento na germinação de *Z. mays* tratando sementes com outra linhagem de *B. bassiana*.

Neste trabalho, também foram tratadas sementes de milho com o fungo *M. anisopliae* e apresentaram diferença significativa com uma maior porcentagem de biomassa que os demais tratamentos. Este aumento no crescimento nas plantas também foi relatado por Khan *et al.* (2012) em plantas inoculadas com *M. anisopliae*. A inoculação via pulverização nas folhas estimula o crescimento de plantas, devido ao fato do spray foliar abranger maior contato aumentando a interação fungo-planta (Jaber e Enkerli, 2017; Wei *et al.*, 2020). Sendo assim, neste estudo, a maior porcentagem de biomassa ocorreu na soja inoculada nas folhas com o fungo *M. anisopliae*.

Resultados contraditórios podem ocorrer, em razão às diversas linhagens de determinados fungos, espécies de plantas hospedeiras e variedades, ou mesmo em virtude às regiões geográficas de realização dos estudos (Qayyum *et al.*, 2015). Essas peculiaridades ocasionam características diferentes nas linhagens de fungos e plantas utilizadas para os testes. Como sugerido no presente trabalho que testou diferentes técnicas de inoculação dos fungos *M. anisopliae* e *F. multiceps* obtendo diferentes resultados.

Tabela 2 - Presença (%) dos fungos *Fusarium multiceps* e *Metarbizium anisopliae* reisolados dos tecidos das plantas 90 dias após o contato em diferentes vias de inoculação.

Fungo	Inoculação	Arroz	Milho	Trigo	Feijão	Soja
<i>Metarbizium anisopliae</i>	Semente	50	70	50	60	60
	Folhas	60	70	70	70	70
	Raiz rega	50	60	60	60	60
	Controle	0	0	0	0	0
		$X^2_{(3)} = 8,0$ P = 0,23	$X^2_{(3)} = 17,66$ P = 0,007	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 15,28$ P = 0,18
V de Cramer		0,385	0,502	0,446	0,446	0,467

<i>Fusarium multiceps</i>	Semente	50	70	60	60	60
	Folhas	60	80	70	70	70
	Raiz rega	50	60	50	50	60
	Controle	0	0	0	0	0
		$X^2_{(3)} = 10,36$ P = 0,11	$X^2_{(3)} = 17,66$ P = 0,007	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 13,95$ P = 0,03	$X^2_{(3)} = 15,28$ P = 0,18
V de Cramer		0,389	0,502	0,446	0,446	0,467

Teste de Qui-quadrado de Person com $P < 0,001$ e suas associações pelo V de Cramer.

Fonte: Autores, 2025.

Tabela 3 - Biomassa média (%) de plantas inoculados ou não com os fungos *Metarbizium anisopliae* e *Fusarium multiceps*

FUNGO	Aplicação	ARROZ	Desvio Padrão	Erro Padrão	MILHO	Desvio Padrão	Erro Padrão	TRIGO	Desvio Padrão	Erro Padrão	FEIJÃO	Desvio Padrão	Erro Padrão	SOJA	Desvio Padrão	Erro Padrão
<i>Metarbizium anisopliae</i>	Semente	25,45 ^{a,b}	2,42	0,77	31,31 ^a	12,88	4,07	21,41 ^a	1,97	0,62	7,77 ^a	2,06	0,65	28,83 ^a	9,11	2,88
	Folhas	24,99 ^a	6,98	2,21	15,64 ^b	2,09	0,66	17,84 ^a	4,97	1,57	8,73 ^a	1,24	0,39	54,1 ^b	24,17	7,64
	Raiz rega	27,98 ^b	2,69	0,85	16,89 ^b	4,67	1,48	15,83 ^a	10,7	3,39	6,59 ^a	4,52	1,43	26,34 ^a	5,15	1,63
	Controle	22,09 ^{a,b}	4,67	1,48	27,03 ^a	6,06	1,91	17,22 ^a	9,3	2,94	7,17 ^a	1,02	0,32	27,57 ^a	3,16	1,0
	F _(39,3)	4,89		10,34			0,98				1,22			10,05		
	P	0,006		0,0			0,41				0,32			0,0		
<i>Fusarium multiceps</i>	Semente	25,26	2,45	0,77	22,89	7,71	2,44	20,85	8,34	2,64	10,88	4,32	1,37	24,27	8,78	2,7
	Folhas	24,99	6,89	2,18	26,28	17,33	5,48	20,25	3,99	1,26	9,66	3,84	1,21	29,49	12,64	3,99
	Raiz rega	27,59	2,12	0,67	15,64	2,09	0,66	21,42	15,86	5,01	12,30	6,62	2,09	26,75	2,99	0,95
	Controle	22,09	4,67	1,48	27,03	17,3	1,91	17,22	9,3	2,94	7,17	1,02	0,32	27,57	3,16	1,0
	F _(39,3)	1,68		2,70			0,33				2,41			0,73		
	P	0,19		0,6			0,8				0,083			0,54		

*Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autores, 2025.

4 CONCLUSÃO

Fusarium multiceps UFMG 11443 e *Metarhizium anisopliae* UFMG 11444 tiveram capacidade endofítica em diferentes vias de aplicação, não foram fitopatogênicos; além de promoverem de ganho de biomassa em algumas culturas testadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos, pp. 289–381 In Alves SB [eds.], **Controle Microbiano de Insetos**. Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brazil. 1998.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Vol.1, Agricultural Chemical; Contaminants; Drugs. Arlington: AOAC Inc.; 1990. 68 p. Disponível em: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.19.90.pdf>. Acesso em: 10 ago 2018.
- BAMISILE, B. S.; DASH, C. K.; AKUTSE, K. S.; *et al.* Endophytic *Beauveria bassiana* in foliar-treated citrus limon plants acting as a growth suppressor to three successive generations of *Diaphorina citri kuwayama* (Hemiptera: Liviidae). **Insects**.10, 176. 2019.
- BARON, N. C.; RIGOBELLO, E. C.; ZIED, D. C. Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. **Chilean journal of agricultural research**, 79 (2), 307-315. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000200307>
- BEHIE, S. W.; ZELISKO, P. M.; BIDOCHKA, M. J. Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. **Science**, 336, 1576–1577, 2012. DOI: 10.1126/science.1222289.
- BING, L. A.; LEWIS, L. C. **Suppression of Ostrinia nubilalis (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin**. Environ. Entomol. 20:1207–1211, 1991.
- BRANINE, M.; BAZZICALUPO, A.; BRANCO, S. Biology and applications of endophytic insect-pathogenic fungi. **Plos Pathog** 15(7): e1007831, 2019.
- BRUNNER-MENDOZA, C.; REYES-MONTES, M. R.; MOONJELY, S.; *et al.* A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico, **Biocontrol Science and Technology**, 29:1, 83-102, 2019. DOI: 10.1080/09583157.2018.1531111.
- CAMPAGNANI, M. O.; AUAD, A. M.; MAURÍCIO, R. M.; *et al.* Endophytic capacity of entomopathogenic fungi and potencial to control spittlebugs (Hemiptera:Cercopidae), **Agronomy**. 14, 943. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14050943>.
- CARVALHO, C. R.; GONÇALVES, V. N.; PEREIRA, C. B.; *et al.* 2012. The diversity, antimicrobial and anticancer activity of endophytic fungi associated with the medicinal plant *Tryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Fabaceae) from the Brazilian savannah. **Symbiosis** 57, 95e107, 2012.

CEPEA – Centro de estudos avançados em economia aplicada. ESALQ – USP 2021. **O PIB do agronegócio brasileiro.** Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 23 jun. 2021

CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; CARVALHO FILHO, *et al.* ***Bacillus subtilis* and *Trichoderma* sp. in biomass increase in soybean, beans, cowpea, corn and rice plants.** *Agri-Environmental Sciences*. 3(2), 2017.

ESPINOZA, F.; VIDAL, S.; RAUTENBACH, F.; *et al.* Effects of *Beauveria bassiana* (Hypocreales) on plant growth and secondary metabolites of extracts of hydroponically cultivated chive (*Allium schoenoprasum* L. [Amaryllidaceae]). *Heliyon*, 5, e03038. 2019.

FARIA, M. R. D.; WRAIGHT, S. P. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*, 43(3), 237–256, 2019. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2007.08.001

FERREIRA, M. C.; CANTRELL, C. L.; WEDGE, D. E.; *et al.* Diversity of the endophytic fungi associated with the ancient and narrowly endemic neotropical plant *Vellozia gigantea* from the endangered Brazilian rupestrian grasslands. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 71, p. 163-169, 2017.

FISHER, M.C.; HENK, D.A.; BRIGGS, C.J.; *et al.* 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, 484: 186-194. DOI: 10.1038/nature10947

GARCÍA DE LEÓN, S.; MIER, T. Visión general de la producción y aplicación de bioplaguicidas en México. *Sociedades Rurales, Producción Y Medio Ambiente*, 10(20), 37–63, 2010.

GONZÁLEZ-GUZMÁN, A.; SACRISTÁN, D.; QUESADA-MORAGA, E.; *et al.* Effects of entomopathogenic fungi on growth and nutrition in wheat grown on two calcareous soils: Influence of the fungus application method. *Ann Appl Biol*.177:26–40, 2020. DOI: 10.1111/aab.12596

GORDON, T. R. 2017. *Fusarium oxysporum* and *Fusarium* wilt syndrome. *Annu. rev. fitopathol.*, 55: 23 – 39, 2017. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095919.

GURULINGAPPA, P.; SWORD, G.; MURDOCH G.; *et al.* **Colonization of crop plants by fungal entomopathogens and their effects on two insect pests when in planta.** *Biol Control*. 55:34–41, 2010.

GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, A.; PLASENCIA, J.; MONRIBOT-VILLANUEVA, J. *et al.* Virulence factors of the genus *Fusarium* with targets in plants. *Microbiological Research*, 277, 127506, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127506>

HU, G., ST. LEGER, R. Field studies using a recombinant mycoinsecticide (*Metarhizium anisopliae*) reveal that it is rhizosphere competent. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(12), 6383–6387, 2002. DOI:10.1128/AEM.68.12.6383

JABER, L.; ENKERLI, J. 2017. Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? *Biocontrol Sci Technol*, 27(1):28–41, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1243227>.

Wissen Editora, 2025 | ISBN 978-65-85923-65-1 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.170>

JABER, L, OWNLEY B. 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? **Biol Control** 116:36–45, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioco ntrol .2017.01.013>

JAIN, A.; SARSAIYA, S.; WU, Q. *et al.* **A review of plant leaf fungal diseases and its environment speciation.** Bioengineered. 2019. DOI: 10: 409-424, 10.1080/21655979.2019.1649520

KHAN, A. L.; HAMAYUN, M.; KHAN, S. A.; *et al.* 2012. Pure culture of *Metarbizium anisopliae* LHL07 reprograms soybean to higher growth and mitigates salt stress. World J. **Microbiol. Biotechnol.** 28, 1483–1494, 2012.

KUZHUPPILLYMYAL-PRABHAKARANKUTTY, L.; FERRARA-RIVERO, F. H.; TAMEZ-GUERRA, P.; *et al.* Effect of *Beauveria bassiana* Seed Treatment on *Zea mays* L. Response against *Spodoptera frugiperda*. **Appl. Sci.** 11, 2887, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11072887>.

LAURENCE, M. H.; WALSH, J. L.; SHUTTLEWORTH, L. A.; *et al.* 2015. **Six novel species of *Fusarium* from natural ecosystems in Australia.** Fungal Divers., 77: 349-366

LESLIE, J. F. SUMMERELL B. A. 2006. **The *Fusarium* laboratory manual.** Wiley, Ames, USA. DOI: 10.1002/9780470278376.

MANTZOUKAS, S.; ELIOPOULOS, P. A. Endophytic Entomopathogenic Fungi: A Valuable Biological Control Tool against Plant Pests. **Appl. Sci.** 10, 360, 2020.

MCKINNON, A. C.; SAARI, S.; MORAN-DIEZ, M. E.; *et al.* ***Beauveria bassiana* as an endophyte: a critical review on associated methodology and biocontrol potential.** BioControl. 2016. DOI: 10.1007/s10526-016-9769-5

NAZAROV, P.A.; BALEEV, D.N.; IVANOVA, M.I.; *et al.* Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection **Acta Nat.**, 12:46-59, 2020. DOI: 10.32607/actanaturae.11026

OLIVEIRA NETTO, P. M., AUAD, A. M., MENDONÇA, M. O. M., *et al.* **Endophytic potential of entomopathogenic fungi associated with *Urochloa ruziziensis* (Poaceae) for spittlebug (Hemiptera: Cercopidae) control.** Florida Entomologist 107. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1515/flaent-2024-0043>

OWNLEY, B.H.; GRIFFIN, M.R.; KLINGEMAN, W.E.; *et al.* *Beauveria bassiana*: Endophytic colonization and plant disease control. J. of Invertebrate Pathology 98:267-270, 2008. DOI: 10.1016/j.jip.2008.01.010.

QAYYUM, M. A.; WAKIL, W.; ARIF, M. J.; *et al.* 2015. Infection of *Helicoverpa armigera* by endophytic *Beauveria bassiana* colonizing tomato plants. **Biol. Control** 90, 200–207, 2015.

QUESADA-MORAGAA, E.; NAVAS-CORTES, J. A.; MARANHÃO, E. A. A.; *et al.* Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and cultivated soils. **Mycological Research** 111: 947 – 966, 2007.

QUESADA-MORAGA, E.; LOPEZ-DIAZ, C.; BEATRIZ LANDA, B. The hidden habit of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: first demonstration of vertical plant transmission. **PLoS ONE** 9(2): e89278, 2014.

PORRAS-ALFARO, A.; BAYMAN, P. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. **Annu Rev Phytopath** 49: 291–315, 2011.

RESQUÍN-ROMERO, G.; GARRIDO-JURADO, I.; DELSO, C., *et al.* Transient endophytic colonizations of plants improve the outcome of foliar applications of mycoinsecticides against chewing insects. **J. of Invertebrate Pathology**, 136, 23–31, 2016.

REZENDE, J. M.; ZANARDO, A. B. R.; DA SILVA LOPES; *et al.* Phylogenetic diversity of Brazilian *Metarhizium* associated with sugarcane agriculture. **BioControl**, 60(4), 495–505, 2015. DOI: 10.1007/s10526-015-9656-5.

ROBERTS, D. W., HAJEK, A. E. **Entomopathogenic fungi as bioinsecticides**. In: G. F. Leatham (Ed.), *Frontiers in industrial mycology* (pp. 144–159). New York, NY: Chapman & Hill, 1992.

RUSSO, M. L.; SCORSETTI, A. C.; VIANNA, M. F.; *et al.* Endophytic Effects of *Beauveria bassiana* on Corn (*Zea mays*) and Its Herbivore, *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae). **Insects**, 10, 110, 2019.

SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, M. S.; *et al.* Influência de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial de *Thielaviopsis paradoxa*. **Scientia plena** 8(4):1-5, 2012.

SASAN, R. K., BIDOCHKA, M. J. 2012. The insect-pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* (Clavicipitaceae) is also an endophyte that stimulates plant root development. **American Journal of Botany**, 99(1), 101–107, 2012. DOI:10.3732/ajb.1100136.

SAVARY, S.; WILLOCQUET, L.; PETHYBRIDGE, S.J.; *et al.* The global burden of pathogens and pests on major food crops. **Nat. Ecol. Evol.**, 3: 430-439, 2019. DOI: 10.1038/s41559-018-0793-y.

SOUZA, A. C. B.; GUIMARÃES, A. G. L. P.; BEZERRA, N. S.; *et al.* Avaliação de Substratos Brutos Alternativos para Produção do Fungo Entomopatogênico *Beauveria Bassiana* (Bals) Vuillemin (Deuteromycotina:Hyphomycetes). **Revista Saúde e Ciência**, 7 (2)502 p, 2018.

TALL, S., MEYLING, N. V. 2018. Probiotics for plants? Growth promotion by the Entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* depends on nutrient availability. **Microbial Ecology**, 76, 1002–1008, 2018.

VEGA, F. E. F.; POSADA, M. C.; AIME, M.; *et al.* Entomopathogenic fungal endophytes. **Biol. Control** 46: 72–82, 2008.

VEGA, F. E.; GOETTEL, M. S.; BLACKWELL, M.; *et al.* Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal Ecology**, 2(4), 149–159, 2009. DOI:10.1016/j.funeco.2009.05.001

VIDAL, S.; JABER, L. R. Entomopathogenic fungi as endophytes: lantendophyte-herbivore interactions and prospects for use in biological control. **Current Sci** 109:46–54, 2015.

WAGNER, B. B., LEWIS, L. C. Colonization of corn by *Beauveria bassiana*. **Applied and Environmental Microbiology**. 66 (8) 3468–3473, 2000.

WANG, B., KANG, Q.; LU, Y., *et al.* 2012. Unveiling the biosynthetic puzzle of destruxins in *Metarhizium* species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 109(4), 1287–1292, 2012. DOI:10.1073/pnas.1115983109

WEI, QIU-YANG, LI, YA-YING, XU, CHEN, *et al.* 2020. Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* increases the resistance of tomatoes against *Bemisia tabaci*. **Arthropod-Plant Interactions**. 14:289-300. Doi: 10.1007 /s11829-020-09746-9

WILSON, D. 1995. **Endophyte—the evolution of a term, and clarification of its use and definition**. *Oikos* 73:274–276

ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science and Technology**, 17(9), 879–920, 2007. DOI: 10.1080/09583150701593963.



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