



CIÊNCIAS AGRÁRIAS: A MULTIDISCIPLINARIDADE DOS RECURSOS NATURAIS

VOLUME XIV

Frederico Celestino Barbosa

Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos naturais

14^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

14ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238C Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos naturais
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

135 f.: il

DOI: 10.37423/2024.edcl880

ISBN: 978-65-5367-447-9

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. agronomia 2. engenharia-florestal 3. engenharia-agrícola 4. engenharia-de-pesca I. Barbosa,
Frederico Celestino II. Título

CDU: 630

<https://doi.org/10.37423/2024.edcl880>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

CAPÍTULO 1	6
TEORES DE PB NO TECIDO DA SAMAMBAIA PTERIDIUM ARACHNOIDEUM COLETADA EM	
ÁREAS DE MINERAÇÃO NA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE	
Manoel Fábio da Rocha	
Mari Lucia Campos	
DOI 10.37423/240108646	
CAPÍTULO 2	17
ANALISIS DE SISTEMAS AMBIENTALES	
Oscar Rocha Barbosa	
Evandro Lima	
Josimar Ribeiro de Almeida	
Patrícia dos Santos Matta	
Raphael do Couto Pereira	
Tetyana Gurova	
DOI 10.37423/240108649	
CAPÍTULO 3	27
MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE FARINHA DA ENTRECASCA DA MELANCIA	
PARA UTILIZAÇÃO EM SOPAS	
ALESSANDRA SOARES FELIX	
ANA MARIA GOMES BATISTA	
IVANO ALESSANDRO DEVILLA	
DOI 10.37423/240108665	
CAPÍTULO 4	34
IMPORTÂNCIA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE CYMBOPOGON CITRATUS (D.C.) STAPF,	
LIPPIA ALBA (MILL.) NE BROWN. E SYZYGIUM AROMATICUM	
Paula Karoline Soares Farias	
Agda Silene Leite	
Fabíola Belkiss Santos de Oliveira	
Juliano Magno de Valadares Bicalho	
Júlia Maria Moreira Santos	
Maurício Alves Andrade	
Viviane Soares Fonseca	
Fernando Emílio Pereira Nunes	
Ana Carolina Mota Barbosa	
Marinilza Soares Mota Sales	
DOI 10.37423/240108673	

CAPÍTULO 5 48

QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS DE PRODUÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

Emilly Lourdes Tavares Santos
Dayane de Jesus Santos
Jonata Carvalho Santos
João Vitor Cardoso Santos Almeida
Anderson Nascimento do Vasco
Vanessa Marisa Miranda Menezes
Liamara Perin

DOI 10.37423/240108683

CAPÍTULO 6 66

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA COUVE MANTEIGA (BRASSICA OLERACEA L.) EM AMBIENTE PROTEGIDO COM APLICAÇÕES HOMEOPÁTICAS DO HÚMUS DE MINHOCAS

Evany Francisco da Silva

DOI 10.37423/240108684

CAPÍTULO 7 73

COMPARAÇÃO ENTRE GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO NA CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Anderson Nascimento do Vasco
Ezequiel Santos Cabral
Liamara Perin
Almí Alves da Costa

DOI 10.37423/240108689

CAPÍTULO 8 87

INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES DE LINHAGENS IRMÃS DE SOJA POR MEIO DE MODELOS MISTOS, GGE E AMMI

Taila Renata Neitzke
Reginaldo Rosa
Glauco Vieira Miranda
Tiago Roque Benetoli da Silva
Juliana Parisotto Poletine

DOI 10.37423/240108692

CAPÍTULO 9 111

COMPORTAMIENTO NEGATIVO DE LA SALUD DE PLANTAS Y ANIMALES ANTE ALGUNOS COMPONENTES DEL ECOSISTEMA

Jasiel Pavón Leyva

Mayda Leyva Favier

Adilson Tadeu Basquerote

Norca Favier Chibas

DOI 10.37423/240208701

CAPÍTULO 10 123

INTERACCIONES BIOLÓGICAS COMO FUNDAMENTOS DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE: UNA PROPUESTA DIDÁCTICO-METODOLÓGICA EN GUANTÁNAMO, CUBA

Kalianni Olivares Figueroa

Noemí Martínez Sánchez

Yulién Miguelez Sierra

Norca Favier Chibas

Adillson Tadeu Basquerote

Eduardo Pimentel Menezes

DOI 10.37423/240208702

Capítulo 1



10.37423/240108646

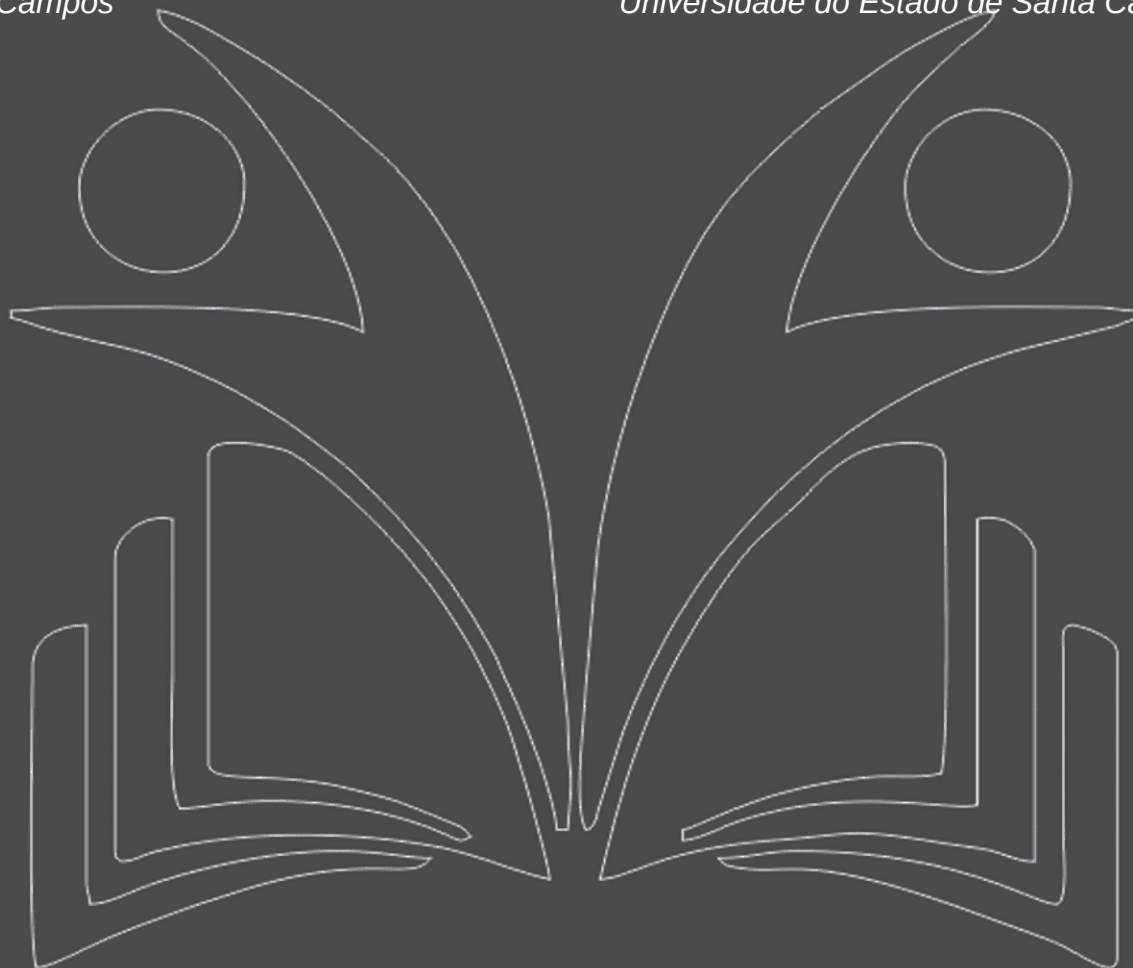
TEORES DE PB NO TECIDO DA SAMAMBAIA PTERIDIUM ARACHNOIDEUM COLETADA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO NA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Manoel Fábio da Rocha

Universidade Estadual de Maringá

Mari Lucia Campos

Universidade do Estado de Santa Catarina



Resumo: As ações antrópicas têm elevado os teores de elementos-traço (ET's) pelo planeta, ocasionando contaminações em corpos d'água e solos, a exemplo do que ocorre na Bacia Carbonífera Catarinense (BCC) e os passivos ambientais ocasionados pela atividade de mineração do carvão. O presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão bibliométrica sobre mineração de carvão e o uso de samambaias como fitorremediadoras e avaliar o potencial fitorremediador da samambaia *Pteridium arachnoideum* em área de depósito de carvão em SC. A metodologia foi dividida em duas etapas: na primeira foi realizada uma análise bibliométrica em banco de dados Scopus e Web of Science (WOS) com termos específicos, como "fern", "phytoremediation" e "mining", analisando os artigos publicados entre os anos de 2002 a 2022. Na segunda realizou-se avaliação do acúmulo de Pb no tecido da *P. arachnoideum* coletada em áreas de mineração de carvão da BCC. Criciúma, Forquilha, Lauro Müller, Siderópolis e Urussanga, foram os municípios para o desenvolvimento da pesquisa sobre caracterização dos teores de Pb presente nos rejeitos e estéreis dos depósitos da BCC, por apresentarem maiores problemas com passivos ambientais. Os teores de Pb encontram-se acima do valor de prevenção predito, para o solo, tanto para a resolução CONAMA nº 420/2009, em três depósitos avaliados (A7, A8 e A9) que é de 72 mg.kg^{-1} , quanto para a Portaria do IMA nº 45/2021, de $16,08 \text{ mg.kg}^{-1}$, onde apenas a área A12 não apresentou valor superior ao estabelecido. Os estéreis e rejeitos da mineração são quimicamente pobres em macro e micronutrientes, apresentando teores anômalos de ET's. Mesmo com altos teores de Pb no solo, a *P. arachnoideum*, consegue se desenvolver no ambiente inóspito, demonstrando que pode apresentar potencial para fitoestabilização de Pb.

Palavras-chave: Elementos-traço. Fitorremediação. Pirita.

1 INTRODUÇÃO

As atividades antropogênicas, a exemplo da mineração de carvão, podem ocasionar poluição por elementos-traço (ET's) nos solos e em mananciais de água, como rios e lagos (DANIEL, 2018). Conforme ZHU et al. (2022) a mineração de carvão é uma das atividades mais altamente poluente ao meio ambiente. No Brasil, a ocorrência de carvão mineral abrange os Estados do Sul e SP (SILVA; FERREIRA, 2015).

O dissulfeto de ferro (FeS_2) conhecido como pirita, encontrada nos rejeitos e estéreis da mineração de carvão, que pode, em contato com água ou oxigênio, vim a oxidar e formar a Drenagem Ácida de Mina (DAM), solução aquosa, é um dos principais passivos ambientais da atividade (CÉSAR et al., 2017).

O comportamento dos metais nos solos dependerá de diversos fatores como potencial hidrogeniônico (pH), densidade de partículas, oxihidróxidos de Fe e Al, Capacidade de Troca de Cátions (CTC), matéria orgânica (MO), entre outros (MARRUGO NEGRETE et al., 2017), sendo que reduções do pH podem ocasionar mudanças no oxigênio dissolvido, nas concentrações de Fe, Mn e Al e de ET's (CÉSAR et al., 2017). ET's liberados no solo tem potencial de serem absorvidos pelo sistema radicular, alterando o metabolismo das plantas, podendo ocasionar sérios riscos à saúde humana (GALVAN et al., 2022).

A fitorremediação utiliza plantas e seus microrganismos associados para remediar problemas ocasionados no solo e água, podendo ser usada nos tratamentos de extensas áreas contaminadas com poluentes orgânicos e inorgânicos, como ET's, além de ser uma técnica com custo relativamente baixo quando comparada a outras técnicas de remediação (ANDRADE et al., 2007).

Em áreas degradadas pela mineração de carvão é possível o uso de plantas com potencial fitorremediador objetivando a recuperação de tais áreas (ZHU et al., 2022). O presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão bibliométrica sobre mineração de carvão e a utilização de samambaias como fitorremediadoras e avaliar o potencial fitoremediador da samambaia *Pteridium arachnoideum* encontrada em áreas de mineração em SC.

2 METODOLOGIA

1ª PARTE: REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliométrica sobre a questão norteadora da mesma: Quais as potencialidades da utilização de samambaias na recuperação de áreas degradadas pela atividade de mineração de carvão?

A delimitação da pesquisa foi do ano de 2002 até 2022, tendo um banco de dados de 20 anos. Sendo que foram excluídos artigos de conferência, livros, capítulos de livros e outros tipos de publicações.

As pesquisas foram realizadas nas bases de dados Scopus e Web of Science (WOS), a partir de janeiro de 2023. As buscas de artigos se deram por meio de palavras-chave presentes no título do artigo, no resumo e nas palavras-chave para a base Scopus (SCOPUS, 2017) e selecionou-se a opção “tópicos”, correspondente à presença das palavras que aparecem no título, no resumo e nas palavras-chave plus e palavras-chave do autor, para a base WOS.

O portfólio bibliográfico fora composto através da seleção de palavras chaves combinadas a operadores booleanos, sendo que para a Scopus usamos: (“fern” AND “phytoremediation” AND “mining”) OR (“coal mining” AND “fern” AND “lead”), retornando 55 publicações, onde três eram capítulos de livros e uma conferência, logo obtivemos 51 artigos.

O uso dos termos OR e AND, conforme VISENTIN et al. (2019), são indispensáveis para a busca. O termo OR indica que pelo menos um dos termos pré-definidos deve aparecer nos resultados da pesquisa e o termo AND indica que todos os termos utilizados devem aparecer nos resultados da pesquisa, sendo que para ambas as pesquisas (Scopus e WOS) foram usados os mesmos procedimentos.

Na análise bibliométrica foram avaliados países, áreas temáticas, financiadores das pesquisas e os periódicos. A análise sistemática abordou detalhes em cada um destes tópicos como quais países tem publicações sobre o tema; quais as áreas temáticas se destacam em relação ao assunto; quem são os financiadores das pesquisas e quais periódicos destacam-se com mais publicações.

2ª PARTE: AVALIAÇÃO DO ACÚMULO DE PB NO TECIDO DA SAMAMBAIA *P. ARACHNOIDEUM*

O presente estudo deu-se em cinco municípios da Bacia Carbonífera Catarinense (BCC): Criciúma, Forquilha, Lauro Müller, Siderópolis e Urussanga, todos integrantes da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC).

BCC é a denominação da unidade geomorfológica, que ocupa uma área de aproximadamente 1.659 Km², localizada no extremo sul de SC, em uma faixa alongada na direção Norte – Sul, sendo os Argissolos e os Cambissolos, os solos mais representativos da região, com aproximadamente 43,1% e 24,22%, respectivamente (EPAGRI, 2022).

A geologia da região encontra-se enquadrada no Grupo Guatá que se compõe de camadas de carvão e sedimentos não-glaciais, apresentando duas formações: a formação superior (Palermo) constituída por sítios arenosos, siltitos e folhelhos silticos, e a formação inferior (Rio Bonito) de origem flúvio-deltaicos, com seção arenosa (base), argilosa (intermediária) e areno-argilosa (superior) abarcando camadas de carvão (MAAHS et al., 2019).

A *P. arachnoideum* foi encontrada em todas as áreas dos cinco municípios, sendo que tais áreas se caracterizaram por possuírem rejeitos brutos e não sofreram nenhum tipo de procedimento de recuperação. A coleta, identificação da samambaia, análise química dos estereis e rejeito piritoso, análise do tecido da planta, foram obtidos da tese de doutorado de ANDREOLA (2015).

Para a realização da amostragem foi realizado, através de caminhamento, coleta de *P. arachnoideum*. O material foi acondicionado em sacos plásticos identificados e mantidos abertos para impedir possíveis danos nas samambaias, além de manter o rejeito piritoso e o solo presente no sistema radicular e a estrutura das plantas conservadas durante o transporte dos cinco municípios a UDESC.

As samambaias foram transportadas ao Laboratório de Levantamento de Análise Ambiental (LLAA) do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV UDESC. O rejeito piritoso e o solo foram secos em estufa por 24 h a 60 °C, sendo moídos e passados em peneira de 2 mm. Para caracterizar o rejeito e solo foram determinados pH em água, utilizando-se uma relação solo/solução de 1:1, teores de P, K e Na pelo método Mehlich; Ca, Mg e Al com solução KCl 1 mol L⁻¹ (TEDESCO et al., 1995) e MO (WALKLEY; BLACK, 1934). Os teores de argila foram determinados pelo método EMBRAPA (1997).

3 RESULTADOS

Para a revisão bibliométrica obtivemos: Para os termos "coal mining", "fern" e "lead" a base de dados WOS retornou apenas um resultado: o artigo "Ferns and lycophytes in coal mining waste and tailing landfills" (ANDREOLA et al., 2022). Para os termos "fern", "phytoremediation" e "mining" na WOS, retornaram três resultados: "Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water", artigo publicado no periódico Environmental Science And Pollution Research (2021); "A review of in situ phytoextraction of rare earth elements from contaminated soils" no periódico International Journal of Phytoremediation (2021) e "Small-scale and household methods to remove arsenic from water for drinking purposes in Latin America" no periódico Science Of The Total Environment (2012).

Para os termos “coal mining”, “fern” e “lead” apenas dois: Ferns and lycophytes in coal mining waste and tailing landfills, publicado no periódico Environmental Science And Pollution Research (2022) e Phytomining of rare earth elements - A review, publicado no Chemosphere (2022).

O número de países que publicaram sobre o tema é relativamente baixo quando comparado ao fato de que a mineração de carvão e seus efeitos maléficos são sentidos em diversos países que praticam tal atividade. Tal comportamento pode ser fruto da pouca adoção de planos para recuperação das áreas (solos e águas) atingidas pela mineração de carvão e os problemas acarretados pela mesma, como a DAM. Os idiomas utilizados nos 51 artigos foram: inglês (49), mandarim (1) e português (1). China, Índia e Austrália destacam-se com 29, 05 e 04 artigos publicados, respectivamente.

As revistas que publicam sobre o tema apresentam foco na área das Ciências Ambientais, tais como ecotoxicologia, desenvolvimento sustentável, ecossistemas, recuperações de áreas degradadas por ET's, dentre outras áreas, incluindo aqui as ciências biológicas (biota, utilização sustentável do meio ambiente, flora e fauna, etc) e agrárias (degradação e restauração dos solos, planos de recuperação de áreas degradadas, etc).

Os periódicos com maiores números de artigos publicados são “Ciência Ambiental e Pesquisa de Poluição”, “Poluição ambiental” e “Quimiosfera” com seis, cinco e quatro publicações, respectivamente, seguidos por “Ciência do Meio Ambiente Total”, “Jornal Internacional de Fitorremediação” e “Diário de Materiais Perigosos”, cada um com três publicações ao longo de 2002 a 2022. Os outros periódicos aparecem com duas ou apenas um artigo publicado.

Para a segunda parte da metodologia obtivemos: Os teores de Pb no rejeito piritoso (RPS), no sistema radicular e na parte aérea (quadro 01) apresentaram correlação linear positiva ($P < 0,05$), indicando que a presença de Pb no RPS condiciona a presença no tecido da planta.

Quadro 01: Correlação linear positiva entre teores de Pb no rejeito piritoso e solo (RPS), sistema radicular e parte aérea de *Pteridium arachnoideum*.

	Pb RPS	Pb sistema radicular	Pb parte aérea
Pb RPS	1		
Pb sistema radicular	0,83	1	
Pb parte aérea	0,64	0,76	1

Fonte: Os Autores (2023).

Para teores de Pb no RPS, na parte aérea e no sistema radicular observou-se os coeficientes de variação (CV) 4,81%, 12,76%, e 25,29%, respectivamente. Os Teores Pb nas áreas A7, A8 e A9 (quadro 02) encontram-se acima do valor de prevenção estabelecido pela resolução CONAMA No 420/2009 de 72 mg.kg⁻¹ de solo e a área A7 também ultrapassa o valor de investigação para solo agrícola e residencial.

Quadro 02: Teores médios de Pb no RPS, no sistema radicular e parte aérea da *P. arachnoideum* coletada em 9 áreas de mineração de carvão e uma área testemunha (AT2). *Letras minúsculas correspondem a comparação entre áreas para teste Tukey e 5% de significância.

(AT2). *Letras minúsculas correspondem a comparação entre áreas para teste Tukey e 5% de significância.

Áreas	Teor RPS mg.Kg ⁻¹	Teor Sist. Radicular mg.Kg ⁻¹	Teor parte aérea mg.Kg ⁻¹
A1	52,81 c	0,41 c	1,00 bcd
A3	55,98 c	0,56 bc	1,96 b
A5	58,28 c	0,50 c	1,41 bc
A7	839,74 a	4,19 a	4,23 a
A8	141,51 b	2,61 a	5,21 a
A9	146,29 b	1,93 ab	1,01 bcd
A11	60,81 c	0,57 bc	0,49 d
A12	6,11 d	0,34 c	0,57 cd
A22	46,15 c	0,59 bc	2,06 b
AT2	55,03 c	0,22 c	0,49 d

Fonte: Os Autores (2023).

As áreas A9 e A8 apresentam teores de Pb sete vezes inferior a área A7 (quadro 03), mas, os teores no tecido da planta são semelhantes.

Quadro 03: Correlação linear entre teores de Pb no rejeito piritoso e no solo (RPS) versus fator de translocação e RPS versus fator de bioacumulação para *P. arachnoideum*.

	Pb RPS
Pb RPS	1
Fator de translocação	- 0,41
Fator de bioacumulação	- 0,37

Fonte: Os Autores (2023).

4 DISCUSSÃO

Em relação a revisão bibliométrica percebe-se a carência de mais artigos, trabalhos e pesquisas relacionadas a temática de fitorremediação utilizada em áreas de mineração de carvão para remoção ou mitigação dos problemas ambientais relacionados a presença de elementos-traço.

Em relação a samambaia e a avaliação realizada na espécie *P. arachnoideum*, temos que os Teores Pb nas áreas A7, A8 e A9 encontram-se acima do valor de prevenção estabelecido pela resolução CONAMA No 420/2009 de 72 mg.kg⁻¹ de solo e a área A7 também ultrapassa o valor de investigação para solo agrícola e residencial.

O teor de Pb encontrado no solo da área testemunha (55,03 mg.kg⁻¹) foi superior ao valor de referência de qualidade Pb, conforme Portaria nº 45/2021 do Instituto do Meio Ambiente (IMA), para SC é igual a 16,08 mg.kg⁻¹ (IMA, 2021). Para o solo o teor é quase quatro vezes maior do que aquele recomendado pela Portaria.

Os altos teores de Pb que ocorrem nas áreas A7, A8 e A9 podem estar associados à geoquímica do mesmo, que é pouco móvel, podendo ser complexado por matéria orgânica, quimissorvido em óxidos de silicato e minerais e precipitado como carbonato, hidróxido ou fosfato, sendo um dos metais tóxicos mais abundantes no carvão (ANDREOLA, 2022).

Quanto maior for o FB, maior será a capacidade da samambaia em transferir determinado elemento-traço presente na solução do solo, consequentemente, maior será a capacidade da planta em remover o elemento do meio ambiente. Nas áreas da pesquisa o FB mais alto, para a *P. arachnoideum*, para Pb, fora na A12, de 14%, porcentual baixo quanto comparado a *Athyrium wardii*, outra espécie de samambaia que, conforme ZHAN et al. (2018) pode apresentar FB de até 78% para Pb. Em relação ao FT seu valor indica a eficiência da *P. arachnoideum* em translocar o Pb presente no sistema

radicular para a parte aérea, sendo as áreas A22, A3 e A5, as quais se destacaram em relação ao fator. A *P. arachnoideum* pode ser considerada como fitoestabilizadora.

5 CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica permitiu analisarmos diversas pesquisas sobre o uso de samambaias com potencial fitorremediador para áreas degradadas com ET's, encontrando samambaias como a *Pteris vittata* L., *Pteris multifida* e *Athyrium wardii*, que apresentam potencial fitorremediador maior que a *P. arachnoideum*, por conseguirem acumular mais Pb em seu tecido, porém isso não impede seu uso em áreas degradadas pela mineração de carvão.

Os teores de Pb presente no tecido da samambaia *P. arachnoideum* indicam que a planta pode ser considerada fitoestabilizadora pois, as áreas A7, A9 e A8, que apresentaram maiores teores do ET, não foram as mesmas quando analisado, por exemplo, o FT, onde A22, A3 e A5, são as áreas que apresentam maiores valores para o referido fator.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J.C. DA M.; TAVARES, S.R. DE L.; MAHLER, C.F. Fitorremediação: O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. Oficina de Textos, 176 páginas, volume único, 2007.
- ANDREOLA, A. Relação entre a presença de samambaias e licófitas e o teor de elementos-traço em áreas degradadas pela mineração de carvão em Santa Catarina, sul do Brasil. Tese (doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages. 158 páginas, 2015.
- ANDREOLA, A.; ROSINI, D.N.; CAMPOS, M.L.; BIASI, J.P.; ZANETTE, V.C.; BORTOLUZZI, R.L.C.; MIQUELUTTI, D.J.; NICOLEITE, E.R. Ferns and lycophytes in coal mining waste and tailing landfills. *Environmental Science and Pollution Research*. Volume 29, 12 páginas, 2022.
- CÉSAR, R.; ROCHA, B. C. R. C.; CASTILHOS, Z. C.; CAMPOS T. M. P.; SCHNEIDER, C. Bioensaios com oligoquetas edáficos para avaliação da eficácia do tratamento de resíduos de mineração de carvão em cenário de disposição terrestre. *Revista Geociências*, 36, págs. 793 – 800. 2017.
- DANIEL, E. S. Aplicação de cobre, crescimento, morfogênese e nutrição mineral em gramíneas tropicais. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 109 páginas, 2018.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Serviço nacional de levantamento e conservação do solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 212 páginas, 1997.
- EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina. 1.010 páginas, 2022.
- GALVAN, N. S.; CAMPOS, M. L.; MIQUELUTI, D. J.; ESTEVES, M. E. S.; DORS, P. Plantas medicinais e metais pesados: uma revisão bibliométrica. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, 2022.
- IMA – Instituto do Meio Ambiente. PORTARIA Nº 045/2021. 16 páginas, disponível em: <https://consultas.ima.sc.gov.br/portarias/pdf/2802> Acesso em 06/02/2023.
- MAAHS, R.; KUCHLE, J.; SCHERER, C.S.; ALVARENGA, R.S. Sequence stratigraphy of fluvial to shallow-marine deposits: The case of the early Permian Rio Bonito Formation, Paraná Basin, southernmost Brazil. *Brazilian Journal of Geology*. Volume 49, 20 páginas, 2019.
- MARRUGO NEGRETE, J.; PINEDO-HERNANDEZ, J.; DIEZ, S. Avaliação da poluição por metais pesados, distribuição espacial e origem em solos agrícolas ao longo da bacia do rio Sinú, Colômbia. *Ambiente. Res.*, 154, pp. 380 – 388, 2017.
- SCOPUS. Scopus® Quick reference guide. ELSEVIER, 9 páginas, 2017.
- SILVA, L. M. DA.; FERREIRA, R. L. Environmental Impact Caused by Coal Mining in The South of Santa Catarina State. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v.6 n.4 – 2015.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.edição, Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Boletim Técnico de Solos, 5), 174 páginas, 1995.

VISENTIN, C.; TRENTIN, A. W. S.; BRAUN, A. B.; THOMÉ, A. Application of life cycle assessment as a tool for evaluating the sustainability of contaminated sites remediation: A systematic and bibliographic analysis. Science of The Total Environment, v. 672, p. 893-905, 2019.

WALKLEY, A.J.; BLACK, I.A. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Sci. Volume 37, 10 páginas, 1934.

ZHAN, J.; LI, T.; YU, H.; ZHANG, X. Cd and Pb accumulation characteristics of phytostabilizer *Athyrium wardii* (Hook.) grown in soils contaminated with Cd and Pb. Environmental Science and Pollution Research. Volume 25, 11 páginas, 2018.

ZHU, X.; LI, J.; CHENG, H.; ZHENG, L.; HUANG, W.; YAN, Y.; LIU, H.; YANG, X. Assessing the impacts of ecological governance on carbon storage in na urban coal mining subsidence area. Journal Ecological Informatics. Volume 72. 2022.

Capítulo 2



10.37423/240108649

ANALISIS DE SISTEMAS AMBIENTALES

Oscar Rocha Barbosa

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro–
UERJ*

Evandro Lima

*Associação Brasileira de Perícia e Gestão
Ambiental*

Josimar Ribeiro de Almeida

Aposentado UFRJ

Patrícia dos Santos Matta

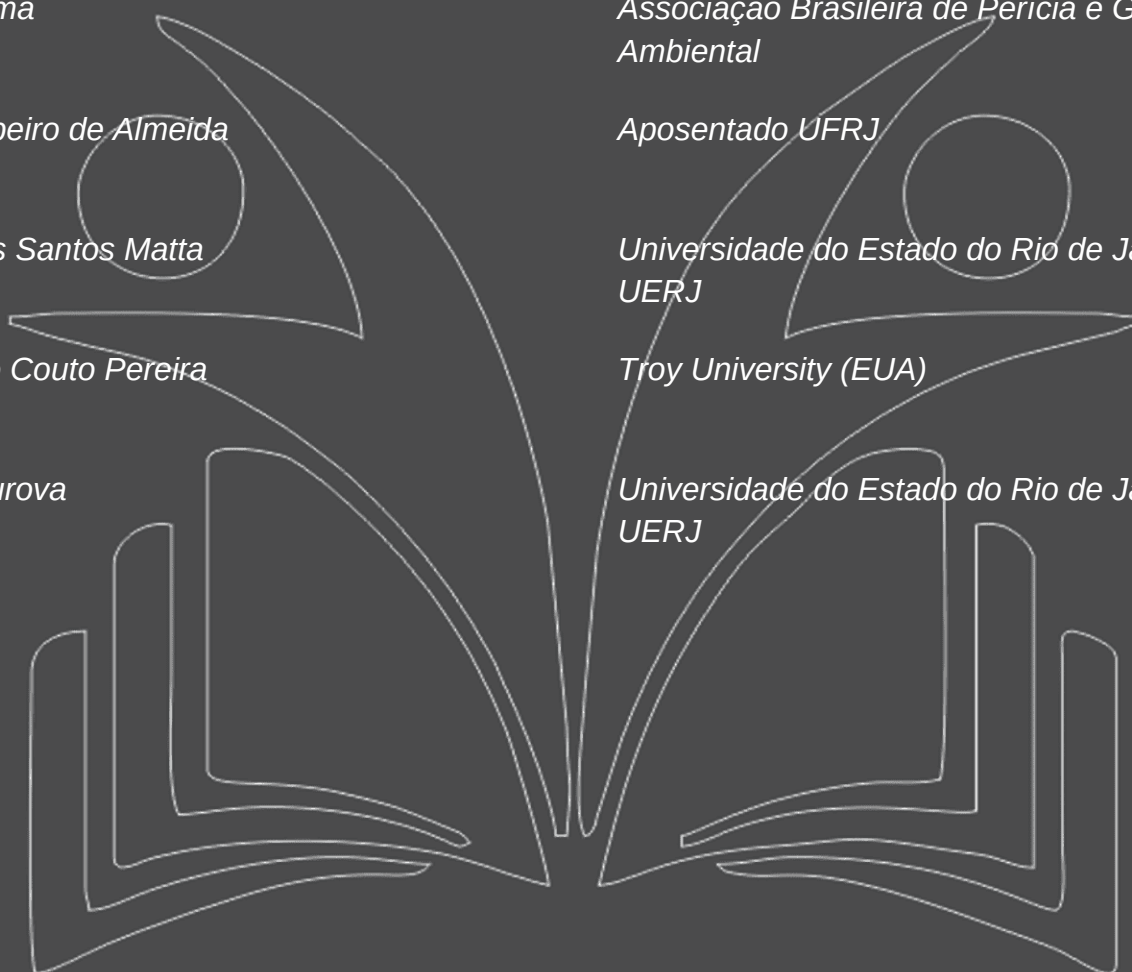
*Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
UERJ*

Raphael do Couto Pereira

Troy University (EUA)

Tetyana Gurova

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
UERJ*



Resumo: Uma avaliação de impacto deve abranger os seguintes aspectos: descrever a ação proposta, bem como outras alternativas; prever a natureza e magnitude dos 'efeitos ambientais'; prever aspectos humanos; interpretar os resultados e prevenir os efeitos ambientais. Além disso, deve estar disponível uma metodologia para as fases de comunicação (informação ao público e ao executivo) e, conforme o caso, para os procedimentos de fiscalização durante a fase de construção e operação do empreendimento ou ação em causa.

Palavras-chave: Inspeção; Efeitos ambientais; Sistemas ambientais; Metodologia.

I INTRODUCCIÓN

El interés masivo por los temas ambientales surgió al final de los años sesenta. Fue entonces cuando se empezaron a percibir con nitidez los problemas de deterioro del medio ambiente, que en principio se centraron especialmente en la contaminación. El concepto medio ambiente tuvo en esa época dos acepciones bastante claras, según lo que se aplicara en los países industrializados o en los países en vías de desarrollo. En los primeros, la temática ambiental se concentraba casi exclusivamente en los aspectos de contaminación, en cuyo caso resultaba correcto considerar que los problemas ambientales tenían un carácter tecnológico. En cambio, en los países en vías de desarrollo, el concepto era mucho más amplio y de carácter socioeconómico y político, más que tecnológico, puesto que se consideraban problemas ambientales prioritarios, precisamente los derivados del subdesarrollo: problemas sanitarios, condiciones de los asentamientos humanos, falta de viviendas y escuelas, deficiencias de nutrición, destrucción de bosques y pérdidas de suelos, destrucción o mala explotación de recursos naturales. A estos problemas del subdesarrollo hay que añadir los que pueden generarse de un desarrollo que no considere en sus proyectos la variable ambiental. Hoy en día, en todos los países, el concepto de medio ambiente tiene un sentido único y generalizado, cada vez más amplio, hasta el punto de que conceptos tan complejos y extensos como los de la calidad de vida y asentamientos humanos se integran en su temática. Persiste sin embargo la idea de que los problemas ambientales en los países industrializados derivan en su mayor parte de procesos de desarrollo y, muy especialmente, de las grandes concentraciones humanas y/o industriales (la contaminación, la deshumanización de la vida en las grandes ciudades, la creciente conflictividad social de las metrópolis, el consumo exagerado de recursos naturales y de energía, los problemas urbanísticos, etc.), en cuanto que en los países en vías de desarrollo los problemas ambientales se deben, principalmente, al bajo índice de crecimiento. Las evaluaciones de impacto ambiental nacieron en los Estados Unidos, como consecuencia de la Ley Nacional de Política Ambiental. Es en ese país donde se han hecho más trabajos de este tipo y, por consiguiente, donde se han desarrollado más metodologías para los mismos. Hasta la fecha se han preparado muchas, pero ninguna de ellas tiene una dimensión o un carácter universal. Así pues, aunque existe gran cantidad de modelos, son pocos los que están sistematizados. La primera evaluación ambiental en Brasil fue realizada en 1972, una exigencia del Banco Mundial para el financiamiento de una represa y de una hidroeléctrica en Sobradinho, Bahia. Otros proyectos como el de la hidroeléctrica de Tucuruí, en Paraná, y el del terminal del puerto ferroviario Ponta de Madeira, en Maranhão, punto de exportación del minerio extraído por la CVRD, en Serra dos Carajás fueron subordinados a la AIA en la década de 70 e inicio de la década de 80 (MOREIRA, 1989).

II METODOLOGIA

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en alguno de los componentes del medio. Por lo tanto, la variable fundamental en estos estudios es la cuantificación de la alteración. En los estudios de impacto ambiental se trata de evaluar las consecuencias de una acción, para ver la calidad del ambiente que habría con o sin dicha acción. Tales evaluaciones deben realizarse en la fase previa al proyecto, antes que este se realice, con objeto de: a) efectuar una mejor planificación y formulación de propuestas, desde el punto de vista ambiental, y b) considerar adecuadamente los factores ambientales, por parte de las autoridades públicas, cuando aprueben una propuesta o determinen una alternativa. Se aplica el concepto de evaluación del impacto ambiental a un estudio encaminado a identificar e interpretar, así como a prevenir, las consecuencias o los efectos que acciones o proyectos determinados pueden causar a la salud y al bienestar humanos y al entorno, o sea, en los ecosistemas en que el hombre vive y de los que depende (ALMEIDA et al., 2019). La dificultad para demostrar la complejidad de la dinámica ambiental en una única definición hace que, en general, todas las definiciones adquieran un carácter reduccionista y estático. Esto constituye, de cierto modo, el gran problema de las conceptualizaciones. Otras dificultades encontradas en la definición y, especialmente, en la identificación de un impacto ambiental consisten en la propia delimitación del impacto, una vez que el mismo se propaga espacial y temporalmente a través de una compleja red de interrelaciones y, también, en las deficiencias instrumentales y metodológicas para prever las respuestas de los ecosistemas a las actividades antrópicas. Esta cuestión es todavía más crítica cuando se trata de la dimensión social. Los estudios deben considerar las alternativas de la acción y del proyecto. Éstos también presuponen la participación del público representando, no solamente un instrumento de decisión, sino también un instrumento de conocimiento al servicio de la decisión. Existen innumerables definiciones en la literatura especializada del proceso e evaluación de impactos ambientales. La mayoría es de origen académica, enfatizando aspectos técnicos. Otras dan énfasis a los componentes políticos y de gestión ambiental. Existen también las definiciones legales, como la instituida en el NEPA. Para ser útil, la evaluación debe ser comunicada en términos comprensibles para la comunidad y para los responsables por la toma de decisión. Los pros y contras deben ser identificados en base a criterios relevantes para los países afectados. Es una actividad destinada a identificar y prever el impacto sobre el ambiente biogeofísico y sobre la salud y el bienestar de los seres humanos, resultante de propuestas legislativas, políticas, programas y proyectos y de sus procesos operacionales y de interpretar y comunicar las informaciones sobre estos impactos. El término “estimativa ambiental” describe la

técnica y el proceso por el cual se colecta información acerca de los efectos ambientales de un proyecto, tanto los producidos por el que lo desarrolla como los generados por otras fuentes. Debe considerarse, inclusive, si el desarrollo amerita seguir enfrente o no, por medio de juicio formado, gracias a la autoridad profesional. Instrumento de política ambiental, formado por un conjunto de procedimientos, capaz de asegurar, desde el inicio del proceso, que se haga un examen sistemático de los impactos ambientales de una acción propuesta (proyecto, programa, plan o política) y de sus alternativas, y que los resultados sean presentados de forma adecuada al público y a los responsables por la toma de decisión, y por ellos considerados. Además de eso, los procedimientos deben garantizar la adopción de las medidas de protección del medio ambiente determinadas, en el caso de decisión sobre la implantación del proyecto (ALMEIDA et al., 2019). Una estimativa del impacto de una actividad planeada en el ambiente. En suma, la evaluación de impactos ambientales es “un instrumento de política ambiental, formado por un conjunto de procedimientos, capaz de asegurar, desde el inicio del proceso, que se haga un examen sistemático de los mismos en una acción propuesta (proyecto, programa, plan o política) y de sus alternativas. Además, que los resultados sean presentados de forma adecuada al público y a los responsables por la toma de decisiones, debidamente considerados por éstos” (ALMEIDA et al., 2019). Según este autor, las definiciones identifican importantes y distintos componentes. Uno de ellos es el que engloba un conjunto de procedimientos para identificar, evaluar y prevenir efectos adversos y que debe estar relacionado con conocimiento científico sobre el ambiente, la acción y sus interrelaciones. El otro componente es el proceso de toma de decisión, en el cual la evaluación de impactos de una acción puede tener un importante papel que está íntimamente relacionado con reglas administrativas y voluntad política. En la literatura de habla inglesa se adoptan términos, como ‘Environmental Impact Assessment’ (EIA) para designar estudios que engloban conjuntamente aspectos sociales y ecológicos, y ‘Ecological Impact Assessment’ y ‘Social Impact Assessment’ para los que tratan de aspectos ecológicos y sociales, respectivamente. Un término que engloba mejor esos estudios es el ‘Integrated Impact Assessment’, que se refiere al estudio del conjunto de consecuencias sociales y ecológicas según un enfoque holístico, que ponga en evidencia los efectos cumulativos resultantes.

III DISCUSIÓN

Es importante resaltar que la investigación guiada por el método dialéctico revela la historicidad del fenómeno y sus relaciones, a un nivel más amplio, sitúan el problema dentro de un contexto complejo, al mismo tiempo, estableciendo y señalando las posibles contradicciones entre los fenómenos

investigados. La investigación cualitativa se basa en la inseparabilidad de los fenómenos y su contexto, ya que las opiniones, percepciones y significados se entenderán con mayor profundidad desde el contexto. La validez se referiría a la similitud entre el concepto y sus medidas, el grado en que una medida representa precisamente lo que se espera. La garantía de validez comenzaría con una comprensión directa de lo que se debe medir, por lo tanto, se trata de formulación de la investigación. El método propuesto se dividió en tres fases, que se subdividieron en etapas para la realización del relevamiento bibliográfico. En la primera fase de la investigación (preguntas de investigación), se verifican las principales decisiones y definiciones sobre la investigación. Las preguntas de investigación se destacan y sirven como impulso para el inicio de la revisión. Se define el tema para definir la encuesta bibliográfica y el período disponible. Otras decisiones se toman simultáneamente, como definir palabras clave, para que actúen como identificadores. Paralelamente, resumen los principales temas sobre el tema a investigar; así como combinaciones de palabras clave. Estos, a su vez, se pueden realizar mediante operadores booleanos y en diferentes bases de datos como CAPES Journal Portal, SCIELO Database, Publish or Perish, EBSCO, entre otras. En el presente caso, las bases de datos fueron Web of Science (o ISI), Plataforma SUSTENERE, Scielo y Scopus. Estas bases de datos son de fácil acceso, lo que permite, a través de sus herramientas, realizar una cuidadosa investigación, abarcando un amplio número de revistas. La segunda fase (selección de artículos) inicia la encuesta y selección de artículos, utilizando los criterios de exclusión. Las palabras clave de exclusión se utilizan para realizar una clasificación más cuidadosa de los artículos. También delimitando el período. En el siguiente paso, se produce el primer filtro de los artículos, se realiza una selección de los títulos, identificando los no alineados. En el siguiente paso, se leen los resúmenes para excluir a aquellos que son impertinentes con el tema investigado. El siguiente paso contiene un análisis subjetivo por parte del investigador para identificar, en los artículos alineados con la temática, aquellos que tienen mayor relevancia académica. Un análisis bibliométrico indica la relevancia del autor/artículo para la composición de la referencia bibliográfica. La tercera fase corresponde a la clasificación de los artículos seleccionados. Se organizan muestras de artículos seleccionados. El objetivo es el orden, patrón que variará según las necesidades del investigador y lo priorice como foco de desarrollo temático. Destaca la importancia de un análisis exhaustivo de los artículos que componen la muestra. En la investigación cualitativa, el concepto de validez toma diferentes formas, ya que la discusión de las escalas de medición no se aplica a los métodos cualitativos, lo que requiere una comprensión de la validez desde otra perspectiva. Un atributo que se relaciona con la objetividad, la posibilidad de repetir el experimento, el hecho de que la investigación esté abierta a la verificación de otras personas y la

capacidad de generalizar (SOUZA et al., 2011). La validez puede verse genéricamente como la correspondencia entre investigación y realidad (MONTANDON et al., 2015). Se refiere a verificar los resultados como verdaderos y confiables. Estaría relacionado con el hecho de que los resultados reflejan fielmente la situación analizada y son confiables, en el sentido de que no habría razón para dudar de ellos; es decir, la investigación es válida si la evidencia proporciona el soporte necesario para sus conclusiones (LINS et al., 2015). La intención no es generalizar, sino describir, analizar, buscar comprender.

El empleo de análisis de sistemas permite evaluar las interacciones que ocurren cuando una actividad humana se desarrolla, afectando tanto la naturaleza como los aspectos sociales y económicos. La metodología utilizada para evaluación de los impactos, por ejemplo, de una terminal petroquímica situada en una cuenca del Estado del Paraná (Brasil), se basa en un modelo de situación ambiental en la región de aquella terminal. Se consideró una región como un sistema (o sea, un conjunto de factores físicos, humanos y económicos relacionados formando una unidad dinámica) compuesto de varios sistemas (sociales, económicos y naturales) relacionados entre sí.

3.1 ETAPAS

Identificación de los límites del sistema: Todo sistema posee límites arbitrarios. Actualmente, los límites terrestres presentan un radio de 2 Km alrededor de la terminal y el marítimo presentan área, dependiendo de las direcciones de las corrientes marinas, con una extensión de 5 Km;

Definición de la Escala: La escala definida es la local, o sea, de la terminal petroquímica– región urbana vecina – terminal – región de la cuenca contigua al terminal;

Influencia de las entradas ('inputs') y salidas ('outputs') del sistema: Las entradas son representadas por el aporte de productos químicos, através de camiones y navíos, y las salidas son representadas por los cargamentos de camiones y navíos con productos guardados en la terminal, así como por los fluidos producidos en la terminal (aguas pluviales contaminadas o no, vías de desagüe y lanzamientos de productos químicos);

Identificación de los componentes o subsistemas: Subsistema económico (productos químicos, energía eléctrica, agua, camiones, navíos), Subsistema social (urbanización, empleo) y Subsistema natural (suelos, água subterránea, vegetación, ecosistema de la cuenca).

3.2 OBJETIVOS DEL MODELO

La definición de un sistema trata, básicamente, de establecer una simplificación y abstracción de la realidad (en este caso, local), permitiendo la identificación de elementos específicos que componen el sistema. Para el sistema ambiental del área de la terminal, los elementos identificados representan tanto su entorno como los flujos de materiales hacia o desde la terminal.

3.3 EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE CADA SECTOR

Economía regional: Evaluación de las consecuencias sobre la economía regional, o sea, ¿en qué contribuirá la terminal al sistema de exportación e importación de los productos químicos por el Estado de Paraná (Brasil)? ¿Qué efectos tendrán los posibles impactos negativos sobre el aumento previsto de exportación e importación de productos químicos generados por la terminal?;

Salud pública: Evaluación de las consecuencias de la operación de la terminal y del aumento de la importación y exportación de productos químicos, debido a la terminal, sobre la salud de la población;

Calidad del aire: Evaluación de las consecuencias de operación y de accidentes en la terminal sobre la calidad del aire;

Calidad del suelo: Evaluación de las consecuencias de operación y de accidentes en la terminal sobre la calidad del suelo;

Calidad del agua: Evaluación de las consecuencias de la operación y de accidentes en la terminal sobre la calidad del agua subterránea y de la cuenca;

Ecosistemas: Evaluación de las consecuencias de la operación y de accidentes en la terminal sobre los variados elementos del ecosistema y sobre el ecosistema en general.

IV CONSIDERACIONES FINALES

Las consecuencias deben ser inseridas en un cuadro, de modo que sean colocadas a la izquierda las consecuencias positivas y a la derecha las negativas. A continuación, caso a caso (p. ej. salud pública x desagües sanitarios), se debe verificar:

Si hay relación entre sector y consecuencias; Evaluar si el impacto es importante o muy importante e indicar respectivamente, con uno o dos asteriscos; A continuación, sumar los impactos positivos o negativos y el número total de esos impactos, por ejemplo:

Nº de interacciones posibles = 400
Nº de interacciones existentes = 37
Nº de interacciones positivas = 17
Nº de interacciones negativas = 204.

Calcular el índice de interacciones, para cada subsistema, por la expresión:

$$II = \frac{R}{IP}$$

Donde:

II = índice de interacción

IR = interacciones posibles

IP = interacciones positivas

Si el valor del índice fuese igual a 1 (uno), la posibilidad de ocurrencia de interacciones positivas o sea, ausencia de impactos negativos, será de 100%; El índice de interacciones representa las posibilidades de impactos en cada subsistema Y permite, incluso, clasificar esos subsistemas, según el grado y tipo de impactos posibles en cada uno. Se puede, finalmente, para cada subsistema, discutir los impactos negativos y recomendar alternativas y/o medidas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E. ; SILVA, C. V. V. ; AGUIAR, L. A. ; GARCIA, V. S. ; SOUZA, C. P. ; LENZ, E. R. S.; LINS, G. A. ;

ALMEIDA, S. M.. Política e economia de vigilância em saúde ambiental. *Environmental Scientiae*, v.1, p.1-25, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2019.002.0001>

SOUZA, F. M. N.; SILVA, C. E.; AGUIAR, L. A.; ALMEIDA, J. R.. Proposta para utilização da simulação computacional em análise de risco, avaliação de desempenho e sistemas de gestão ambiental. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.2, p.39-63, 2011. DOI: <https://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2011.002.0003>

MONTANDON, T. S.; CAMELLO, T. C. F.; ALMEIDA, J. R.. Indicadores de sustentabilidade para monitoramento de projetos de recuperação de áreas degradadas. *Sustinere: Revista de Saúde e Educação*, v.3, p.43-52, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2015.17326>

LINS, G. A.; BEZERRA, L. G. E.; MOTA, M. J. P.; BARBOSA, O. R.; ALMEIDA, J. R.. A ecologia de estrada sob a ótica do licenciamento ambiental. *Sustinere: Revista de Saúde e Educação*, v.3, p.153-160, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2015.20143>

Capítulo 3



10.37423/240108665

MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE FARINHA DA ENTRECASCA DA MELANCIA PARA UTILIZAÇÃO EM SOPAS

ALESSANDRA SOARES FELIX

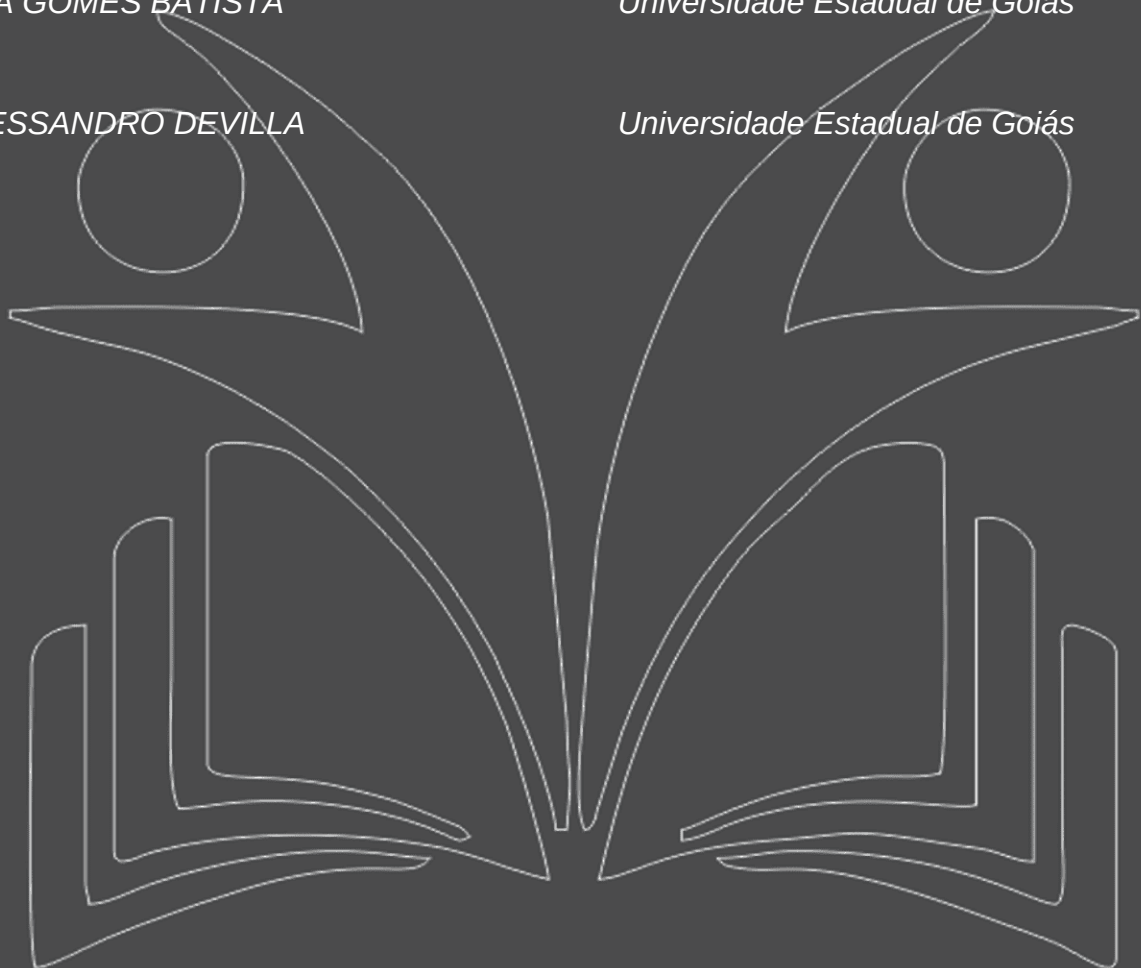
Universidade Estadual de Goiás

ANA MARIA GOMES BATISTA

Universidade Estadual de Goiás

IVANO ALESSANDRO DEVILLA

Universidade Estadual de Goiás



Resumo: Subprodutos de frutas compreendem quantidades significativas de fibras e demais componentes indispensáveis à alimentação humana. O consumo habitual dessas frações pode reduzir significativamente riscos de doenças. O presente trabalho objetivou modelar a cinética de secagem da farinha da entrecasca da melancia. A entrecasca foi seca nas temperaturas de 60, 70, e 80 °C, em estufa de convecção forçada de ar. Cerca de seis modelos matemáticos de secagem foram ajustados aos dados experimentais de secagem da farinha por meio de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa Statistica 12. Os parâmetros estatísticos R² e DQM foram utilizados para selecionar os melhores modelos da cinética de secagem. Posteriormente, a farinha seca da entrecasca da melancia foi submetida a Microscopia Eletrônica de Varredura em triplicata. Os modelos de Page e Aproximação da Difusão apresentaram melhores resultados para o ajuste dos dados. Foram selecionados os modelos de Page e de Aproximação da Difusão para prever a cinética de secagem da farinha da entrecasca da melancia nas temperaturas avaliadas. E o tamanho dos grânulos da farinha foram de 10 µm, sendo classificados como grânulos pequenos.

Palavras-chave: *citrullus lanatus* schrad, secagem, modelos matemáticos

1. INTRODUÇÃO

A melancia, *Citrullus lanatus* Schrad., é conhecida como um fruto com alta fonte de compostos com propriedades funcionais, se destacando o licopeno, a vitamina C e os compostos fenólicos, nos quais apresentam funções preventivas às doenças degenerativas e cardiovasculares (TARAZONA et al., 2011). Esses compostos bioativos constituídos no fruto, proporcionam outros inúmeros benefícios à saúde, como diminuição do risco doenças relacionadas ao envelhecimento, obesidade, diabetes e vários tipos de alívio do câncer (POTENCIAIS, 2021).

Estudos mostram que subprodutos de frutas compreendem quantidades significativas de fibras e demais componentes indispensáveis à alimentação humana. O consumo habitual dessas frações pode reduzir significativamente riscos de doenças. Assim a entrecasca da melancia é um subproduto rico em fibra alimentar, e seu aproveitamento na elaboração de produtos alimentícios pode contribuir para o aumento dos teores de fibra insolúvel na dieta, bem como reduzir os desperdícios industriais (GUIMARÃES, FREITAS E SILVA, 2010).

Sendo assim, uma das formas de minimizar a perda de alimentos perecíveis é através da secagem do alimento, que consiste num processo de retirada do máximo de água contida no produto visando preservar a sua qualidade (PALACIN et al., 2005). Neste sentido, a produção da farinha de vegetais, por meio da secagem, pode ser uma alternativa para o reaproveitamento do vegetal não conforme e para a agregação de valor comercial ao produto.

Tendo em vista o emprego da secagem para obtenção da farinha da entrecasca da melancia, o presente trabalho objetivou modelar a cinética de secagem deste produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais da Universidade Estadual de Goiás, Campus Central Sede - Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas (CET/UEG). Os frutos de melancia (*Citrullus lanatus* Schrad) foram adquiridos na Central de abastecimento (Ceasa), localizada no município de Anápolis. Os frutos foram higienizados, iniciando-se com uma pré-lavagem em água corrente para remoção de sujidades. Em seguida, sanitizados (mergulhadas em solução de hipoclorito de sódio por 15 minutos), e novamente higienizados em água por imersão.

A entrecasca da melancia foi separada da casca e da polpa, utilizando-se uma faca. Em seguida foi cortada com 3mm de espessura. Posteriormente foram processadas com o auxílio de um liquidificador

doméstico. A entrecasca da melancia foi colocada em cestas teladas, e submetidas a secagem em estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. As cestas teladas foram pesadas até que fosse atingido a massa constante, ou seja, o equilíbrio higroscópico do produto com o ar de secagem.

O teor de água das amostras foi determinado em estufa a 105 °C (IAL, 2008). A farinha da entrecasca da melancia foi submetida a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em triplicata. Os modelos matemáticos descritos na Tabela 1 foram ajustados aos dados experimentais por meio de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa Statistica 12.

Tabela 1 - Modelos matemáticos que foram utilizados para ajustar os dados da farinha da entrecasca da melancia:

Designação do modelo	Modelo Matemático
Henderson e Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$
Thompson	$RX = \exp(-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0.5}) / 2 \cdot b$
Aproximação da Difusão	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$
Midilli	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$
Dois Termos	$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$

Em que: RX - razão de teor de água, adimensional; a, b, k, n, q – parâmetros dos modelos; t - tempo de secagem, min.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), faz uso de elétrons no lugar de fótons utilizados em um microscópio óptico convencional, permitindo assim solucionar problemas que são relacionados com a fonte de luz branca. Detém de um feixe principal, sendo a função de qualquer microscópio, tornar visível ao olho humano o que for muito pequeno para tal (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Em relação ao conteúdo farináceo observado no MEV, apresentou área superficial sem rachaduras e diferentes diâmetros, com exclusivo conteúdo de fibras, Figura 1. Dentre as imagens, não foi observado nenhum tipo de material estranho, bem como grânulos ou particulados da farinha.

Com respeito ao tamanho e forma dos grânulos, Singh et al. (2003), referem que as características morfológicas de pós/farinhas de diferentes fontes variam de acordo com o genótipo e práticas

culturais de cada cultura. Informam, também, que o tamanho dos grânulos pequenos varia de 1- 20 mm, e variações de 1-100 mm para grandes grânulos, sendo de forma semiesférica e esférica. O tamanho dos grânulos, neste estudo, foram de 10 μ m, nos quais foram classificados como grânulos pequenos.

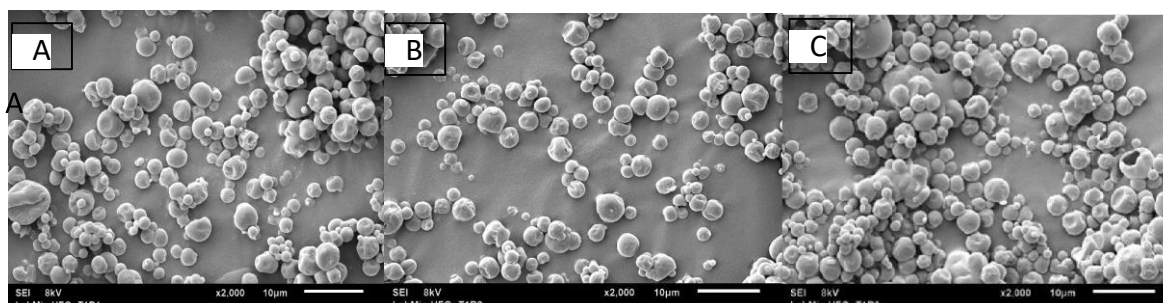


Figura 1: Microfotografias aproximadas em 2000x de farinha extraída da melancia (*Citrulluslanatus*) nas temperaturas estudadas. A) 60 °C; B)70 °C; C)80 °C.

Na Tabela 2 são mostrados os parâmetros obtidos, coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos matemáticos ajustados. Nota-se, na Tabela 2, que os modelos de Page e de Aproximação da difusão apresentaram melhores R^2 e DQM. Esses modelos podem ser utilizados para a descrição dos dados experimentais.

GONÇALVES et al. (2016), concluiu que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados da cinética de secagem de casca e polpa de banana, secas nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C em estufa. Já Costa et al. (2015), ajustaram diversos modelos matemáticos ao processo de secagem dos frutos de Crambe abyssinica nas temperaturas de 35, 45, 60, 75 e 90 °C. Concluíram que o modelo que melhor descreveu os processos de secagem em estudo foi o de Aproximação da difusão. O mesmo modelo foi selecionado por Santos et al. (2016), estudando a secagem em camada fina do fruto da palma nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em estufa com circulação forçada de ar.

TABELA 2. Parâmetros obtidos, coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios(DQM)

Modelo	Temp. °C	a	b	c	n	k	K_0	K_1	R^2	$R^2_{ajustado}$	DQM
Henderson e Pabis	60	0,96138	**	**	**	0,06311	**	**	0,92014	0,95924	0,02052
	70	1,0587				0,0132					
	80	1,0750				0,0289					
Page	60	**	**	**	95694	0,07473	**	**	0,99881	0,9962	0,01354
	70	**			1,895	0,0025					
	80	**			1,4052	0,0014					
Thompson	60	0,0627	0,0264	**	**	**	**	**	0,9195	0,92891	0,01468
	70	0,0052	0,0040								
	80	0,00254	0,0055								
Aproximação da Difusão	60	-64,283	0,79201	**	**	0,77708	**	**	0,9915	0,99746	0,0146
	70	-59,845	0,8945			0,0035					
	80	-42,845	0,9852			0,00589					
Midilli	60	1,15	0,00759	**	1,35	0,03	**	**	0,9536	0,9829	0,006
	70	1,17	-0,002		1,27	0,0012					
	80	0,995	0,00001		1,15	0,0023					
Dois Termos	60	0,57	0,38	**	**	**	0,0631	0,63105	0,99314	0,99	0,02
	70	0,59	0,5025				0,0728	0,895			
	80	0,62	0,5523				0,0891	1,20			

Fonte: Autor (2022)

4. CONCLUSÃO

Nas condições que foi desenvolvido este trabalho, pode-se concluir que:

- Os modelos de Page e de Aproximação da Difusão se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais;
- Os modelos de Page e de Aproximação da Difusão são recomendados para prever a cinética de secagem da farinha da entrecasca da melancia nas temperaturas avaliadas; e
- O tamanho dos grânulos da farinha foram de 10 μ m, sendo classificados como grânulos pequenos.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Universidade Estadual de Goiás, o Laboratório Mic da Universidade Federal de Goiás, e a CAPES pela bolsa fornecida para execução do projeto.

REFERÊNCIAS:

- COSTA, L.M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D.N.; OLIVEIRA, D.E.C. MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE FRUTOS DE CRAMBE EM CAMADA DELGADA. Original Article, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 392-403, 1 abr. 2015.
- DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO, G. Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicação e preparação de amostras. EdUPUCRS Porto Alegre, 2007. 60p.
- GONÇALVES, J. Q.; SILVA, M. A. P.; PLÁCIDO, G. R.; CALIARI, M.; SILVA, R. M.; MOURA, L. C.; SOUZA, D. G. Secagem da casca e polpa da banana verde (*musa acuminata*): propriedades físicas e funcionais da farinha, Global Science and Technology, v.9, n.3, p.62-72, 2016.
- GUIMARÃES, R.R. FREITAS, M. C. J. de. SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.30, n.2, p. 354-363, 2010.
- GUIMARÃES, R. R.; VAN BOEKEL, S. Elaboração de suco de maracujá enriquecido com frutooligosacarídeos a partir da utilização da polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Revista Nutrição Brasil, v. 5, n. 6, p. 308-314, 2007.
- IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, São Paulo: Editora digital, IV edição, 2008. 1000p.
- PALACIN, J. J. F. et. al. Determinações das curvas de secagem de milho nas espigas (*Zea mays* L.). Engenharia na Agricultura, Viçosa, n. 4, v. 13, p. 300-313, out./dez.2005.
- POTENCIAIS NUTRACÊUTICOS VERSÁTEIS DA MELANCIA - uma fruta modesta carregada com fitoquímicosvaliososdo pontode vista farmacêutico. *Jornal Moléculas*, Santa Catarina, p.2.3, 11 nov. 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7698065/pdf/molecules-25-05258.pdf>. Acesso em: 6 maio 2021.
- SANTOS, A.E.; MARTINS, G.M.V.; CANUTO, M.F.C.S; SEGUNDO, J.E.D.V; ALMEIDA, R.D. Modelagem matemática para a descrição da cinética de secagem do fruto da palma, *Opuntia ficus indica*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal- Paraíba, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2016.
- SINGH, B. B. ; Ajeigbe, H. A. ; Tarawali, S. A. ; Fernandez-Rivera, S. ; Abubakar, M. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crop. Res.*, v.84, n.1-2, p. 169-177, 2003.
- TARAZONA, M. S.; VIEGAS, J.; MOLDAO-MARTINS, M.; AGUAYO, E Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut watermelon cultivars. *Journal ScienceFood Agricultural*; v. 91, p. 805–812, 2011.

Capítulo 4



10.37423/240108673

IMPORTÂNCIA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE CYMBOPOGON CITRATUS (D.C.) STAPF, LIPPIA ALBA (MILL.) NE BROWN. E SYZYGIUM AROMATICUM

Paula Karoline Soares Farias

*Universidade Estadual de Montes Claros –
Unimontes*

Agda Silene Leite

UNIFIPMoc - Centro Universitário FIPMoc

Fabíola Belkiss Santos de Oliveira

*Universidade Estadual de Montes Claros –
UNIMONTES*

Juliano Magno de Valadares Bicalho

UNIFIPMoc - Centro Universitário FIPMoc

Júlia Maria Moreira Santos

*Universidade Estadual de Montes Claros
(UNIMONTES)*

Maurício Alves Andrade

*Faculdades Unidas do Norte de Minas –
FUNORTE*

Viviane Soares Fonseca

*Universidade Estadual de Montes Claros
(UNIMONTES)*

Fernando Emílio Pereira Nunes

Grupo Notre Dame Intermédica

Ana Carolina Mota Barbosa

Hospital Municipal de Guiabá

Marinilza Soares Mota Sales

*Universidade Estadual de Montes Claros
(UNIMONTES)*

Resumo: Os óleos essenciais (EOS) são compostos por hidrocarbonetos terpênicos, alcoóis simples, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, ácidos orgânicos fixos, em diferentes concentrações, além de possuírem propriedades antimicrobianas, antifúngicas, antioxidantes e bactericidas, nas quais são valorizadas empiricamente há anos. Neste estudo avaliou-se por meio de uma revisão da literatura a importância dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. e *Syzygium aromaticum*, bem como os estudos referentes a toxicidade, concentrações testadas e ao experimento realizado de cada óleo essencial. Entre os óleos essenciais alguns provem de vegetais já utilizados como condimentos na culinária mundial e que possuem atividades farmacológicas. O *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf (capim-limão) é amplamente distribuído e utilizado em todo o mundo, e proporciona aroma e sabor agradável aos alimentos. A *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. (erva-cidreira) além de condimento é utilizada na forma de chás para o tratamento de indigestão, cólicas, dores e náuseas. O *Syzygium aromaticum* (cravo da Índia) é utilizado na medicina, alimentação e indústrias de cosméticos, e possui óleo essencial, que apresenta ações antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante. Os óleos essenciais estão entre os bioativos pesquisados, que atraem o interesse das indústrias pela possibilidade de conservação dos produtos alimentares e pela ação antioxidante entre outras.

Palavras-chave: *Cymbopogon citratus*. *Lippia alba*. Óleos Voláteis. *Syzygium aromaticum*.

INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (EOS) são compostos por hidrocarbonetos terpênicos, alcoóis simples, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, ácidos orgânicos fixos, em diferentes concentrações (SANTURIO et al., 2011). Por serem resultados de um processo biossintético vegetal, cuja finalidade é a defesa ou atração de polinizadores, os óleos essenciais podem ser considerados fontes em potencial de substâncias ativas no combate à micro-organismos como bactérias, fungos filamentosos e leveduras (OLIVEIRA et al., 2011).

Estes compostos são líquidos, aromáticos e voláteis obtidos a partir de material vegetal. Normalmente são formados em células especiais e/ou grupos de células presentes nas folhas e caules, comumente concentrados em folhas, cascas ou frutas. As ervas e especiarias são geralmente conhecidas por conferir aroma e sabor aos alimentos, e verifica-se a utilização na medicina tradicional, nos alimentos, indústrias de bebidas, perfumaria, cosméticos e farmácia (GUTIERREZ; BARRY-RYAN; BOURKE, 2008).

Definidos como compostos naturais complexos, voláteis e com odor marcante, os óleos essenciais são suficientemente capazes de prorrogar o prazo de validade dos produtos. Observa-se a diminuição e/ou a eliminação das bactérias patogênicas, e consequentemente melhoram a qualidade do produto por meio da inibição do ranço oxidativo (SIROLI et al., 2015). Os óleos essenciais possuem propriedades antimicrobianas, antifúngicas, antioxidantes e bactericidas, nas quais são valorizadas empiricamente há anos (FERREIRA; DANTAS; CATÃO, 2014).

Observa-se que por tantas propriedades, estes compostos influenciam o mercado de produtos naturais, no qual verifica-se o interesse dos consumidores na prevenção das doenças e na obtenção de produtos funcionais (GALVÃO et al., 2008). Estes óleos essenciais possuem diferentes componentes com atividade biológica, tais como anti-inflamatório, expectorante, pesticidas e as propriedades antimicrobianas (ALI et al., 2015). Além das aplicações mais tradicionais, verifica-se utilização na conferência de aromas, perfumes e nutracêuticos. Os óleos essenciais têm sido explorados como aditivos antibacterianos de origem natural para o processo de conservação de alimentos, substituindo assim, os compostos artificiais para atender às necessidades crescentes dos consumidores, no qual almeja por uma alimentação mais saudável (DONSI et al., 2014).

Entre os óleos essenciais alguns provem de vegetais já utilizados como condimentos na culinária mundial e que possuem atividades farmacológicas. *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf (capim-limão) é amplamente distribuído e utilizado em todo o mundo, e proporciona aroma e sabor agradável aos

alimentos (COSTA et al., 2016). A *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. (erva-cidreira) além de condimento é utilizada na forma de chás para o tratamento de indigestão, cólicas, dores e náuseas (LUZ et al., 2014). O *Syzygium aromaticum* (cravo da Índia) é utilizado na medicina, alimentação e indústrias de cosméticos, e possui óleo essencial, que apresenta ações antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante (XIE et al., 2015).

Com a perspectiva de uso de óleos essenciais obtidos de vegetais condimentares na indústria de alimentos, neste estudo avaliou-se por meio de uma revisão da literatura a importância dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. e *Syzygium aromaticum*, bem como os estudos referentes a toxicidade, concentrações testadas e ao experimento realizado de cada óleo essencial.

ÓLEO ESSENCIAL DE CYMBOPOGON CITRATUS (D.C.) STAPF (CAPIM-LIMÃO)

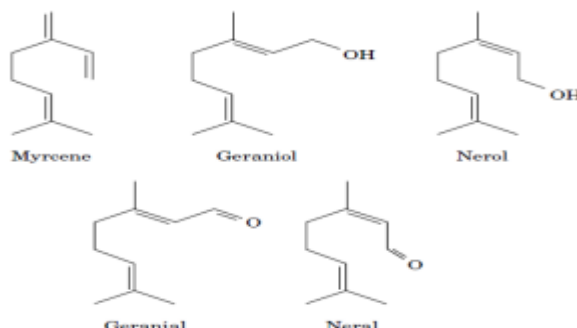
Cymbopogon citratus (DC). Stapf (Poaceae), conhecido como capim-limão, é um arbusto perene, com folhas longas e verdes, nativo do Sudeste Asiático. Verifica-se a distribuição e a utilização em todo o mundo, pois proporciona aroma e sabor agradável aos alimentos (COSTA et al., 2016). Relatam-se algumas propriedades tais como antifúngica, repelente, inseticida, anti-séptica, anti-inflamatória, na prevenção contra o diabetes e o câncer (GARCIA et al., 2015).

O *Cymbopogon citratus* floresce em regiões ensolaradas e quentes, mas temperaturas superiores a 30°C pouco interferem na planta, mas diminuem o teor de óleo. Essa planta floresce em vários tipos de solos, mas solos ricos em calcários e encharcados são inadequados para o cultivo do *Cymbopogon citratus* (BALAKRISHNAN; PARAMASIVAM; ARULKUMAR; 2014). Infusões e decocções nas folhas de *Cymbopogon citratus* têm sido utilizadas na medicina popular para tratar uma variedade de problemas de saúde (SOARES et al., 2013), como estados febris, problemas gastrointestinais e ansiedade. Verifica-se também o consumo para o tratamento de distúrbios gástricos, dores de estômago, gastrite e úlceras (SAGRADAS et al., 2015).

Estudos sobre *Cymbopogon citratus* demonstraram atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, e observa-se a presença de alguns polifenóis, incluindo taninos, ácidos fenólicos e flavonóides (EKPENYONG; AKPAN; NYOH, 2015). O nome popular capim-limão é derivado do odor característico encontrado na parte aérea da planta, em consequência do citral. Observa-se na estrutura química dois isômeros, o geranial, neral, além do mirceno (HANAA et al., 2012), conforme demonstrado na figura 1. Além desses é possível encontrar cetonas e álcoois, como geraniol, nerol, metil heptenol, farnesol,

e outros aldeídos, como o citronelal, isovaleraldeído e decilaldeído, nos quais podem ser encontrados na composição química do *Cymbopogon citratus* (GUIMARÃES et al., 2008).

Figura 2. Estrutura química dos principais constituintes do *Cymbopogon citratus*.



Fonte: LEWINSOHN et al. (1998).

No Quadro 1 são demonstrados estudos referentes a toxicidade do óleo essencial de *Cymbopogon citratus*, quanto as concentrações testadas e ao experimento realizado.

Quadro 1 – Estudos realizados sobre a toxicidade do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* em diferentes concentrações.

Autor	Local do estudo	Experimento	Concentrações	Resultados
Tofiño-Rivera et al. (2016)	Colômbia	Biofilme de <i>Streptococcus mutans</i> Células do ovário de hamster	0,1 mg/dL; 0,01 mg/dL e 0,001 mg/dL.	O óleo essencial de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf mostraram a referida atividade de erradicação de 95,4% a concentrações de 0,1, 0,01 mg/dL e de 93,1% na concentração de 0,001 mg/dL; nenhuma das concentrações testadas do óleo essencial de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf mostraram toxicidade em células do ovário de hamster durante 24 h.
Sagradas et al. (2015)	Portugal	Estômagos de ratos Wistar machos	28 - 56 mg / kg de peso corporal	O extrato de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf, administrado oralmente antes ou após o etanol, significou ($p > 0.01$). A lesão na mucosa em comparação com o grupo controle (veículo etanol), não apresentou efeito dose-dependente. Os resultados também sugerem que o extrato é mais eficaz quando o tempo de contato com a mucosa aumenta.

Costa <i>et al.</i> (2011)	Brasil	Células do cérebro, coração, rins, fígado, pulmões, estômago, baço e bexiga urinária de ratos suíços machos adultos	1 mg/kg; 10 mg/kg e 100 mg/kg	Não foram verificadas alterações significativas na patologia macroscópica, peso corporal, peso do órgão e histologia (cérebro, coração, rins, fígado, pulmões, estômago, baço e bexiga urinária) nos ratos analisados em relação aos grupos controles. Além disso, o colesterol no sangue foi reduzido após o tratamento com o óleo essencial na dose mais elevada testada. Do mesmo modo, os dados nas células do sangue não mostrou nenhum efeito genotóxico
Fandohan <i>et al.</i> (2008)	Benim	Toxicidade aguda e subaguda e a tolerância gástrica em ratos	50, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 e 3500 mg/kg	Os ratos administrados em óleo de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf a 5-1500 mg/ kg de peso corporal sobreviveram. Mas em doses mais elevadas (2000 e 3000 mg / kg de peso corporal), todos os animais morreram no 2º dia. Os exames histológicos não revelaram alterações aparentes na estrutura morfológica do estômago dos ratos que receberam <i>C. citratus</i> em 5-1500 mg / kg de peso corporal devido à administração de óleo. Ocorreram alterações significativas em doses mais elevadas.
Blanco <i>et al.</i> (2009)	Brasil	Efeito neurocomportamental em ratos suíços adultos	0.25, 0.5, 1.0, 3.0 e 5.0 g/kg	O óleo essencial de <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf foi eficaz no aumento do tempo de sono, esse efeito demonstrou ausência no comprometimento motor avaliado. Sugere-se que após estudos toxicológicos complementares, o óleo essencial pode ter a utilização como agente ansiolítico, sedativo ou anticonvulsivo.

Fonte: próprios autores (2024).

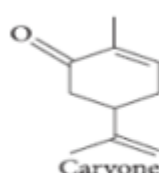
LIPPIA ALBA (MILL.) NE BROWN. (ERVA-CIDREIRA)

A *Lippia alba* (Mill.) NE Brown., pertence à família Verbenaceae, é conhecida popularmente por erva-cidreira, e pode estar sob a forma de arbustos (AGUIAR *et al.*, 2008), ou ervas (JEZLE *et al.*, 2013). O gênero *Lippia* compreende mais de 200 espécies, nativo da América do Sul, América Central e África,

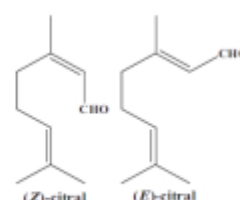
e está muito difundido no Brasil (JEZLE et al., 2013). Os constituintes majoritários presentes no óleo essencial podem diferenciar de maneira qualitativa ou quantitativa, devido a algumas condições como a época de floração, estações do ano, quantidade de água circulante, idade da planta, fatores geográficos e climáticos (AGUIAR et al., 2008; MACHADO; PEREIRA; BATISTA, 2014).

No óleo essencial da *Lippia alba* são verificados como componentes majoritários a carvona (figura 2), citral (figura 3) ou o linalol (figura 4) (TAVARES et al., 2005). Atualmente, a carvona é utilizada pelas indústrias farmacêuticas e de aromas, para a fabricação de vários alimentos tais como pão, pickles, condimentos, bebidas, e produtos como creme dental e anti-séptico bucal (EHLERT et al., 2013), além da indústria agrícola por causa da comprovada ação antifúngica, inseticida e repelente (BLANK et al., 2015).

Figura 2. Estrutura química da carvona. **Figura 3.** Estrutura química do citral.

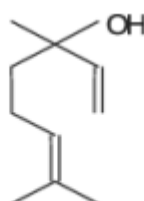


Fonte: LERIN et al. (2010).



Fonte: REHMAN et al. (2017).

Figura 4. Estrutura química do linalol.



Fonte: DA SILVA et al. (2003).

A *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. é uma planta muito usada na medicina popular para o tratamento de algumas patologias, podendo elencar indigestão, cólicas, dores, náuseas, espasmos, combate insônia, asma, anticonvulsivante e antifúngica (LUZ et al., 2014). Além da prevenção de patologias, é observada uma ação antimicrobiana e verifica-se que a *Lippia alba* é muito usada na forma de chás, banhos e macerada em compressa (AGUIAR et al., 2008). No quadro 2 é apresentado estudos sobre concentrações utilizando o óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown.

Quadro 2 – Estudos sobre concentrações utilizando o óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown.

Autor	Local do estudo	Experimento	Concentrações	Resultados
Sousa <i>et al.</i> (2015)	Brasil	Nervos isquiáticos de ratos Wistar	3, 10, 30, 60, 100, 300, e 1000 mg/mL	Este estudo demonstrou que o óleo essencial inibe a excitabilidade nervosa e este efeito pode ser explicado pela presença de citral na composição. Tanto o óleo quanto o composto citral mostraram ações inibitórias em concentrações menores em comparação com outros óleos essenciais e constituintes com atividade anestésica local. Foram verificadas características de baixa toxicidade.
Blanco <i>et al.</i> (2013)	Argentina	Porções intestinais isoladas	0.3, 1, 3, 10, 30, 100 e 300 mL/mL	Observa-se que a eficácia do óleo essencial dos dois quimiotipos de <i>Lippia alba</i> ("citral" e "linalol") para o tratamento das doenças viscerais espasmódicas.
Saccol <i>et al.</i> (2013)	Brasil	Fígado e músculo	0.25, 0.5, 1.0 e 2.0 mL/kg	A adição do óleo essencial de <i>Lippia alba</i> à dieta do peixe-gato de prata não influenciou no crescimento e nos parâmetros sanguíneos. Além disso, parece ser um bom antioxidante. Além disso, a menor concentração de <i>Lippia alba</i> de 0,25 mL/kg foi benéfica, mas a dose mais eficaz foi de 0,50 mL/kg.
Haldar <i>et al.</i> (2012)	Índia	Verificou-se a atividade antiinflamatória	460 mg/kg e 500 mg/kg	Os resultados sugerem que o extrato de <i>Lippia alba</i> possui atividade anti-inflamatória, e verifica-se o uso da planta no tratamento tradicional de doenças associadas com a dor e a inflamação.

Fonte: próprios autores (2024).

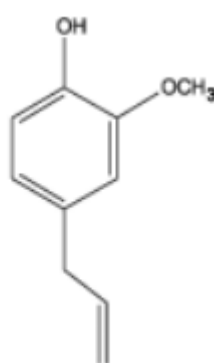
ÓLEO ESSENCIAL DE *SYZYGIUM AROMATICUM* (CRAVO)

Syzygium aromaticum (sinônimo: *Eugenia caryophyllata*) é uma árvore de aproximadamente 8 a 12 m, nativa das Ilhas Molucas no leste da Indonésia. Pertence à família Mirtaceae, conhecida como cravo. O desenvolvimento econômico desta região asiática durante vários séculos foi incentivado pelo comércio desta especiaria valiosa. A árvore de cravo é cultivada em áreas costeiras em altitudes não superiores a 200 m acima do nível do mar. A produção das flores, parte comercializada desta árvore, inicia-se após quatro anos de plantio. As flores são recolhidas na fase de maturação e a colheita pode ser realizada de forma manual (CORTÉS-ROJAS; SOUZA; OLIVEIRA, 2014).

O *Syzygium aromaticum* é amplamente cultivado na Indonésia, Sri Lanka, Madagascar, Tanzânia e Brasil, no qual caracteriza-se como uma planta tropical. O óleo essencial do cravo é abundantemente utilizado na medicina, alimentação e indústrias de cosméticos, e apresenta na constituição o composto majoritário o eugenol, conforme demonstrado na figura 5.

Caracterizase pelas propriedades antifúngicas, herbicidas, inseticidas, acaricidas, antimicrobiana, antiinflamatório, antioxidante, antibacteriana, hipoglicêmico, anticariogênico, anestésico, e apresenta características anticancerígenas (XIE *et al.*, 2015).

Figura 5. Estrutura química do eugenol.



Fonte: MORAIS *et al.* (2006).

Mediante tamanha funcionalidade, esta planta tem despertado o interesse dos cientistas e profissionais da área da saúde, pois verificam-se muitos efeitos benéficos para a prevenção de várias patologias (YANG; WEI; HONG, 2014). Em países da Ásia, o cravo é indicado para tratar diversas infecções como a malária, cólera, tuberculose e a sarna. Na América, o cravo é utilizado no tratamento de vírus, infecções bacterianas, distúrbios respiratórios, dores de dente, cabeça e de garganta (TIWAR *et al.*, 2014), no quadro 3 são demonstrados estudos referentes a toxicidade do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* e do composto majoritário o Eugenol, quanto as concentrações testadas e ao experimento realizado.

Quadro 3 – Estudos sobre concentrações utilizando o óleo essencial de *Syzygium aromaticum* e o composto Eugenol.

Autor	Local do estudo	Experimento	Concentrações	Resultados
Vijayasteltar <i>et al.</i> (2016)	Índia	Toxicidade subcrônica e mutagenicidade em ratos	Via oral aguda 5.0 g/kg Subcrônica: 0.25, 0.5 e 1 g/kg	A administração não resultou em alterações toxicologicamente significativas nos exames realizados quando comparado ao grupo controle, e não foi verificada genotoxicidade.
Valente <i>et al.</i> (2009)	Brasil	Estimar a toxicidade aguda em Camundongos albinos fêmeas	137,5; 180; 187,5; 250; 375; 437,5; 500 e 1.000 mg/kg para via intraperitoneal e 1.0; 2.4; 2.88; 4.0 e 5.0 g/kg	Os animais apresentaram alguns sinais de toxicidade, porém não letais até a dose de 5.0 g/kg.
Mishra e Singh (2008)	Índia	Função testicular em camundongos	15 mg, 30 mg e 60 mg/kg de peso corporal	O tratamento não induziu toxicidade sistêmica nas doses testadas. Observa-se que na dose mais baixa (15 mg) do extrato aumentou o nível sérico de testosterona. As doses mais altas (30 e 60 mg) do extrato inibiu esse parâmetro e induziu alterações degenerativas nos túbulos seminíferos associadas à diminuição do esperma diário.
Morshedi <i>et al.</i> (2006)	Irã	Aprendizagem e memória em ratos (intraperitoneal)	200 mg/kg	Estes resultados indicam que o cravo pode melhorar a memória, mas pode causar a diminuição da capacidade de aprendizagem dos ratos.
Kim <i>et al.</i> (1998)	Coréia do Sul	Hipersensibilidade em ratos	25 a 1000 mg/kg	O extrato de cravo inibiu a anafilaxia sistêmica induzida pelo composto em 80 ratos. E inibiu também os anticorpos anafiláticos cutâneos passivos mediados por imunoglobulina E (IgE).

Fonte: próprios autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas atuais buscam produtos alternativos que possam atuar conservantes alimentares que sejam eficazes e seguros, além de agregar outras características desejáveis aos alimentos. Os óleos essenciais estão entre os bioativos pesquisados, que atraem o interesse das indústrias pela possibilidade de conservação dos produtos alimentares e pela ação antioxidante entre outras.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. S. et al. Atividade antimicrobiana de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 18, n. 3, p. 436-440, 2008.
- ALI, B. et al. Essential oils used in aromatherapy: a systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 5, n. 8, p. 601-611, 2015.
- BALAKRISHNAN, B.; PARAMASIVAM, S.; ARULKUMAR, A. Evaluation of the lemongrass plant (*Cymbopogon citratus*) extracted in different solvents for antioxidant and antibacterial activity against human pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, v. 4, n. 1, p. S134-S139, 2014.
- BLANCO, M. M. et al. Neurobehavioral effect of essential oil of *Cymbopogon citratus* in mice. *Phytomedicine*, v. 16, n. 1, p. 265-270, 2009.
- BLANCO, M. A. et al. Antispasmodic effects and composition of the essential oils from two South American chemotypes of *Lippia alba*. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 149, n. 1, p. 803-809, 2013.
- BLANK, A. F. et al. Chemical diversity in *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown germplasm. *The Scientific World Journal*, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2015.
- COSTA, C. A. R. A. et al. Cholesterol reduction and lack of genotoxic or toxic effects in mice after repeated 21-day oral intake of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil. *Food and Chemical Toxicology*, v. 49, n. 1, p. 2268-227, 2011.
- COSTA, G. et al. Polyphenols from *Cymbopogon citratus* leaves as topical anti-inflammatory agents. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 178, n. 1, p. 222-228, 2016.
- CORTÉS-ROJAS, D. F.; SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA, W. P. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 4, n. 2, p. 90-96, 2014.
- DA SILVA, D. D. et al. Quantificação do linalol no óleo essencial da *Aniba duckei* Korstermans utilizando uma nova coluna capilar polyh4-md em cromatografia gasosa. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 461-465, 2003.
- DONSI, F. et al. Infusion of essential oils for food stabilization: Unraveling the role of nanoemulsion-based delivery systems on mass transfer and antimicrobial activity. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 22, n.1, p. 212-220, 2014.
- EHLERT, P. A. D. et al. Influência do horário de colheita sobre o rendimento e composição do óleo essencial de erva-cidreira brasileira [*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.]. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 15, n. 1, p. 72-77, 2013.
- EKPENYONG, C. E.; AKPAN, E.; NYOH, A. Ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf extracts. *Chinese Journal of Natural Medicines*, v. 13, n. 5, p. 321-337, 2015.
- FERREIRA, S. B.; DANTAS, I. C.; CATÃO, R. M. R. Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial de sucupira (*Pterodon emarginatus* Vogel). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 16, n. 2, p. 225-230, 2014.

FANDOHAN, P. et al. Toxicity and gastric tolerance of essential oils from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Ocimum basilicum* in Wistar rats. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 1, p. 2493–2497, 2008.

GALVÃO, E. L. et al. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo de linhaça. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 3, p. 551-557, 2008.

GARCIA, R. et al. Evaluation of anti-inflammatory and analgesic activities of *Cymbopogon citratus* in vivo polyphenols contribution. *Research Journal of Medicinal Plant*, v. 9, n. 1, p. 1- 13, 2015.

GUIMARÃES, L. G. L. et al. Influência da luz e da temperatura sobre a oxidação do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf). *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1476-1480, 2008.

GUTIERREZ, J.; BARRY-RYAN, C.; BOURKE, P. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, v. 124, n. 1, p. 91-97, 2008.

HALDAR, S. et al. In vivo anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of *Lippia Alba*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, v. 2, n. 2, p. S667-S670, 2012.

HANAA, A. R. M. et al. Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as affected by drying methods. *Annals of Agricultural Science*, v. 57, n. 2, p. 113-116, 2012.

JEZLER, C. N. et al. *Lippia alba* morphotypes cidreira and melissa exhibit significant differences in leaf characteristics and essential oil profile. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 23, n. 2, p. 217-223, 2013.

KIM, H. M. et al. Effect of *Syzygium aromaticum* extract on immediate hypersensitivity in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 60, n. 1, p. 125-131, 1998.

LERIN, L. et al. Microorganisms screening for limonene oxidation. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 2, p. 399-405, 2010.

LEWINSOHN, E. et al. Histochemical localization of citral accumulation in lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. Poaceae). *Annals of Botany*, v. 81, n. 1, p. 35–39, 1998.

LUZ, J. M. Q. et al. Estabelecimento in vitro e aclimatização de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 16, n. 2, p. 444–449, 2014.

MACHADO, T. F.; PEREIRA, R. C. A.; BATISTA, V. C. V. Seasonal variability of the antimicrobial activity of the essential oil of *Lippia alba*. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 3, p. 515-519, 2014.

MISHRA, R. K.; SINGH, S. K. Safety assessment of *Syzygium aromaticum* flower bud (clove) extract with respect to testicular function in mice. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 1, p. 3333-3338, 2008.

MORAIS, S. M. et al. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de *Croton* do nordeste do Brasil. *Química Nova*, v. 29, n. 5, p. 907–910, 2006.

MORSHEDI, A. et al. The effect of *Syzygium aromaticum* (clove) and vitamin C on learning and memory in rats. *Clinical Neurophysiology*, v.117, n. 1, p. S211–S212, 2006.

OLIVEIRA, M. M. M. et al. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 13, n. 1, p. 08-16, 2011.

REHMAN, S.-u. et al. Comparative analysis of the aroma chemicals of *Melissa officinalis* using hydrodistillation and HS-SPME techniques. Arabian Journal of Chemistry, v. 10, n. 2, p. S2485-S2490, 2017.

SACCOL, E. M. H. et al. Addition of *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown essential oil to the diet of the silver catfish: An analysis of growth, metabolic and blood parameters and the antioxidant response. Aquaculture, v. 416-417, n. 5, p. 244-254, 2013.

SAGRADAS, J. et al. Gastroprotective effect of *Cymbopogon citratus* infusion on acute ethanol-induced gastric lesions in rats. Journal of Ethnopharmacology, v. 173, n. 1, p. 134-138, 2015.

SANTURIO, D. F. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de condimentos frente a amostras de *Escherichia coli* isoladas de aves e bovinos. Ciência Rural, v. 41, n. 6, p. 1051-1056, 2011.

SIROLI, L. et al. Effects of sub-lethal concentrations of thyme and oregano essential oils, carvacrol, thymol, citral and trans-2-hexenal on membrane fatty acid composition and volatile molecule profile of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* and *Salmonella enteritidis*. Food Chemistry, v. 182, n. 1, p. 185-192, 2015.

SOARES, M. O. et al. Angolan *Cymbopogon citratus* used for therapeutic benefits: nutritional composition and influence of solvents in phytochemicals content and antioxidant activity of leaf extracts. Food and Chemical Toxicology, v. 60, n. 1, p. 413-418, 2013.

SOUSA, D. G. et al. Essential oil of *Lippia alba* and its main constituent citral block the excitability of rat sciatic nerves. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v. 48, n. 8, p. 697-702, 2015.

TAVARES, E. S. et al. Micropropagação de quimiotipos de *Lippia Alba* Mill. N. E. Br produtores de citral, carvona e linalol. Revista Fitos, v. 1, n. 1, p. 67-73, 2005.

TIWAR, P. et al. Evaluation of anxiolytic effect of *Syzygium aromaticum*: a traditional herb of India. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, v. 4, n. 1, p. S77-S80, 2014.

TOFIÑO-RIVERA, A. et al. Effect of *Lippia alba* and *Cymbopogon citratus* essential oils on biofilms of *Streptococcus mutans* and cytotoxicity in CHO cells. Journal of Ethnopharmacology, v. 194, n. 1, p. 749-754, 2016.

VALENTE, R. O. H. et al. Estudo toxicológico pré-clínico (agudo) do extrato do *Syzygium aromaticum* (L) em roedores. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 19, n. 2B, p. 557-560, 2009.

VIJAYASTELTAR, L. Safety assessment of a standardized polyphenolic extract of clove buds: Subchronic toxicity and mutagenicity studies. Toxicology Reports, v. 3, n. 1, p. 439-449, 2016.

XIE, Y. et al. Antitermitic and antifungal activities of eugenol and its congeners from the flower buds of *Syzygium aromaticum* (clove). Industrial Crops and Products, v. 77, n. 1, p. 780-786, 2015.

YANG, Y.-C.; WEI, M.-C.; HONG, S.-J. Ultrasound-assisted extraction and quantitation of oils from *Syzygium aromaticum* flower bud (clove) with supercritical carbon dioxide. *Journal of Chromatography*, v. 1323, n. 3, p. 18-27, 2014.

Capítulo 5



10.37423/240108683

QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS DE PRODUÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

Emilly Lourdes Tavares Santos

*Instituto Federal de Sergipe, Campus São
Cristovão*

Dayane de Jesus Santos

*Instituto Federal de Sergipe, Campus São
Cristovão*

Jonata Carvalho Santos

*Instituto Federal de Sergipe, Campus São
Cristovão*

João Vitor Cardoso Santos Almeida

*Instituto Federal de Sergipe, Campus São
Cristovão*

Anderson Nascimento do Vasco

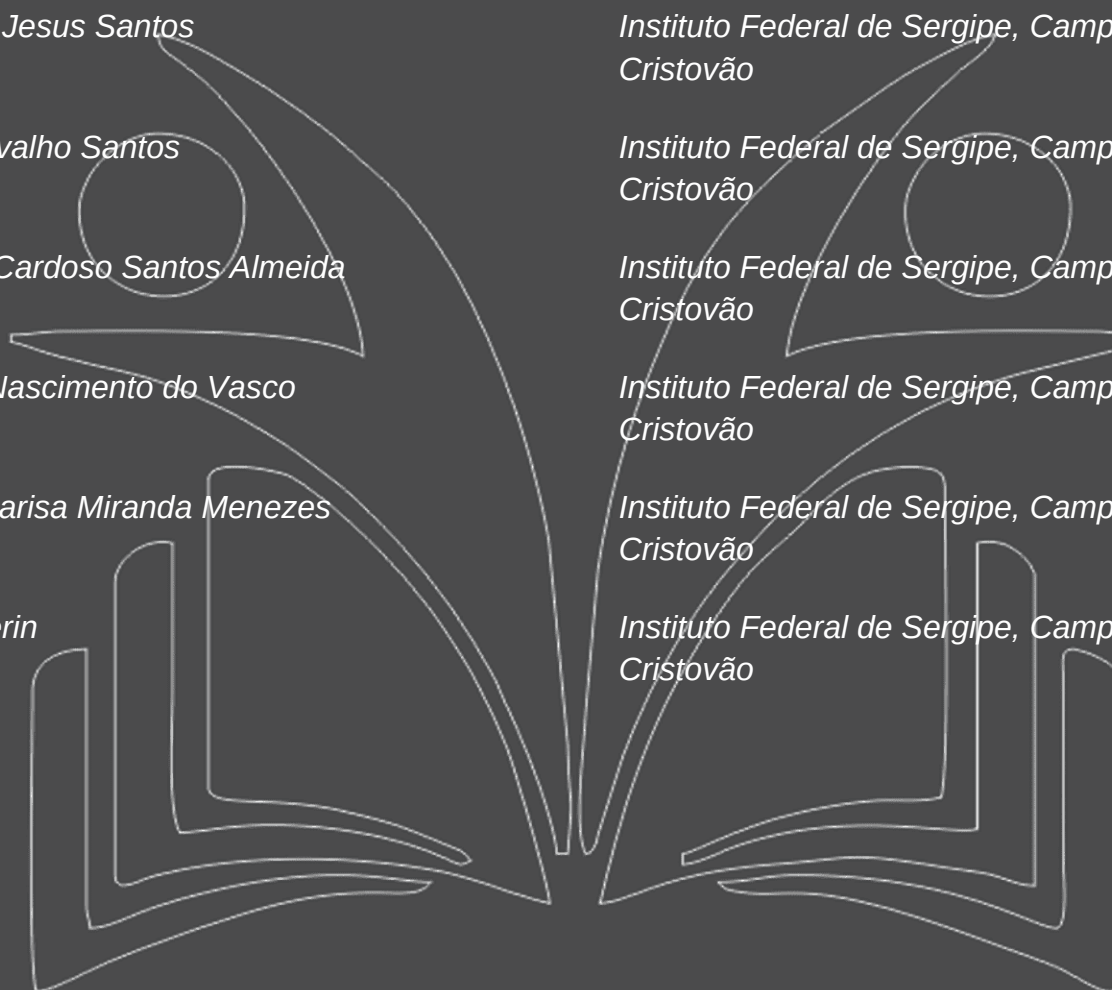
*Instituto Federal de Sergipe, Campus São
Cristovão*

Vanessa Marisa Miranda Menezes

*Instituto Federal de Sergipe, Campus São
Cristovão*

Liamara Perin

*Instituto Federal de Sergipe, Campus São
Cristovão*



Resumo: Solos são a base da produção agroecológica e um elemento de extrema importância para geração de vida e equilíbrio ambiental. A busca por tecnologias mais limpas e menos agressivas é uma forma racional de garantirmos sustentabilidade à presente e futuras gerações. O objetivo deste estudo foi determinar a textura, a fertilidade química e o teor das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase em solos sob manejo agroecológico em propriedades agrícolas sergipanas. Foram analisadas dezessete amostras de solos de produtores agroecológicos em sete municípios sergipanos com diferentes usos e manejos agrícolas e os resultados indicaram predomínio de solos arenosos, seguido de solos com textura média nas áreas analisadas. A maioria das áreas apresentaram boa fertilidade química com médios e altos teores de nutrientes, necessitando apenas elevar seus teores de matéria orgânica. Os resultados indicaram atividade moderada a adequada para a enzima arilsulfatase e valores moderados na maioria das áreas para a enzima β -glicosidase, indicando possível relação das enzimas avaliadas apenas com valores de matéria orgânica. Este estudo contribuiu com informações técnicas aos produtores sobre suas práticas de manejos conservacionistas, visando uma maior sustentabilidade dos sistemas agroecológicos, e também servirá como base de dados para estudos futuros sobre qualidade biológica dos solos.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Fertilidade do solo. Bioanálise.

INTRODUÇÃO

Um solo saudável é um solo biologicamente ativo, produtivo, capaz de armazenar água, sequestrar carbono e promover a degradação de pesticidas, entre outros importantes serviços ambientais (MENDES et al., 2020).

A qualidade do solo não pode ser determinada diretamente, mas sim indiretamente pela averiguação de diversos fatores, denominados indicadores de qualidade (OLIVEIRA, 2019). Deste modo, de acordo com Karlen et al. (1997) indicadores de qualidade do solo, são propriedades mensuráveis do solo ou da planta que estejam envolvidas em processos ou atividades que permitam caracterizar, avaliar e monitorar mudanças ocorridas no ecossistema (ARAUJO et al., 2012).

A sustentabilidade agrícola está diretamente ligada à qualidade dos solos, na perspectiva de uma produção alimentícia tendo como base um solo capaz de cumprir suas funções em condições ambientais seguras e socialmente aceitas. O uso e manejo dos solos influenciam em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, e estudos evidenciaram que a maior diversidade biológica estabelece um equilíbrio no solo por um período de tempo maior, sendo importante objeto de estudos em avaliações de qualidade do ambiente e da sustentabilidade dos sistemas de produção (LAVELLE et al., 2006).

Os atributos químicos que indicam a qualidade do solo podem ser divididos em três classes: os que indicam processos ou comportamentos do solo; os que indicam a resistência do solo às trocas catiônicas e necessidade nutricional da planta e, por fim, os que indicam contaminação ou poluição do solo. Destacando-se pH, carbono orgânico, tipo de argila, capacidade de troca catiônica (CTC), presença de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), micronutrientes, metais pesados, nitrato e fosfato do solo (GOMES e FILIZOLA, 2006).

Nos sistemas orgânicos de produção a construção da fertilidade do solo ocorre a médio prazo e os nutrientes são adicionados através da incorporação de compostos, esterco e outros resíduos, que além de fornecerem nutrientes de forma lenta às plantas, melhoram a estrutura física e biológica do solo (NEGRETTI et al., 2010).

No solo, as enzimas participam como catalizadoras das reações metabólicas intracelulares, que ocorrem nos seres vivos. Além disso, as enzimas extracelulares desempenham papel fundamental, atuando em várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (ligninases, celulasas, proteases, glucosidases, galactosidases), ciclagem de nutrientes (fosfatases, amidases, urease, sulfatase), formação de matéria orgânica e da estrutura do solo (MENDES et al., 2018). O

potencial das análises de atividade enzimática como indicadores de grande sensibilidade, especialmente β -glicosidase e arilsulfatase, tem sido verificado no Cerrado (PEIXOTO et al., 2010) e na região Sul do Brasil (LISBOA et al., 2012; MENDES et al., 2015).

O motivo para a utilização das duas enzimas como indicadoras do funcionamento da maquinaria biológica do solo deve-se ao fato de que nem sempre as alterações nas propriedades químicas, em particular nos teores de matéria orgânica do solo, são capazes de expressar as modificações que ocorrem no solo decorrentes da adoção de sistemas de manejo conservacionistas (MENDES et al., 2020).

A enzima arilsulfatase é detectada em plantas, microrganismos e animais e considerada responsável por parte da ciclagem do enxofre nos solos, atuando na mineralização do enxofre orgânico para sulfato, forma absorvida pelas plantas (BALOTA et al., 2013). Boa parte do enxofre na superfície dos solos está presente na forma de éster sulfato (sulfato orgânico), sugerindo que a arilsulfatase pode ter importante papel no processo de mineralização do enxofre orgânico do solo (TABATABAI, 1994). Nogueira & Melo (2003) encontraram correlação positiva entre a atividade da arilsulfatase e os teores de enxofre total do solo, que está em sua maior parte na matéria orgânica. Dessa forma, evidencia-se que a maior atividade enzimática geralmente está relacionada com maiores teores de carbono orgânico, que por sua vez, contém a maior parte dos substratos sobre os quais atuam as enzimas (BALOTA et al., 2013).

A enzima β -glicosidase está ligada ao ciclo do carbono e pode dar uma ideia da atividade biológica e da capacidade do solo em estabilizar a matéria orgânica (MENDES et al., 2018), bem como ser usada para detectar o efeito do manejo do solo (FERREIRA et al., 2011), podendo assim ser usada como indicadora de qualidade do solo (ACOSTA-MARTINEZ & TABATABAI, 2000). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do solo através da análise de fertilidade química e do teor das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase em solos sob manejo agroecológico no estado de Sergipe.

METODOLOGIA

PÚBLICO ALVO E AMOSTRAGEM

A pesquisa foi realizada no ano de 2020 em propriedades agrícolas de 7 municípios sergipanos. Nesta região, as temperaturas médias anuais variam de 24 a 26° C e os municípios de São Cristóvão, Itaporanga D'Ajuda, Estância e Indiaroba estão localizados em região com clima Tropical Atlântico, com chuvas concentradas no período de outono-inverno, com médias de 1.800 mm anuais de chuva

e 3 meses de seca. Os municípios de Areia Branca, Malhador e Campo do Brito, estão localizados na região Agreste (área de transição entre o clima Tropical Atlântico e Semi Árido), com precipitação média de 1.200 mm anuais de chuva, concentradas no período de outono-inverno, e 5 meses de seca. Os solos predominantes nos municípios pesquisados são Argissolos, Neossolos litólicos, Planossolos e Neossolos quartzarênicos.

Todos os produtores que participaram do estudo são cooperados da Coopersus (Cooperativa da Produção Sustentável Familiar de Sergipe), cooperativa foi criada em 2010 e possui atualmente 30 cooperados, todos agricultores familiares, distribuídos em doze municípios do estado, onde produzem de forma agroecológica uma grande variedade de produtos comercializados no Mercado Público Augusto Franco, em Aracaju.

Dos 30 cooperados, 15 aceitaram participar dos estudos e as amostras de solos foram coletadas nos meses de julho a agosto de 2020, período chuvoso do ano, nas profundidades de 0-20 cm para análises físicas e químicas (SANTOS et al., 2013) e 0-10 cm para análises biológicas. As amostras de solo foram transportadas para o Laboratório de Geociências do Instituto Federal de Sergipe – Campus São Cristovão onde foram secas, destorroadas e peneiradas para as análises.

Após as análises, todos os resultados foram entregues pessoalmente aos produtores na forma de laudo de análise de fertilidade e de enzimas do solo, com recomendações de calagem, gessagem, adubação e manejo.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

A textura dos solos foi determinada através de análise granulométrica pelo método da proveta (EMBRAPA, 2017). A fertilidade química foi avaliada pela determinação dos valores do pH em solução aquosa; cálcio e magnésio ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$); potássio (K^+); fósforo disponível, matéria orgânica e acidez potencial (EMBRAPA, 2017). Com os resultados obtidos, foi calculada a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e a porcentagem de saturação por bases (V). Todos os dados obtidos foram interpretados segundo Sobral e colaboradores (2007), e comparados em relação ao diagnóstico da fertilidade dos solos do Estado de Sergipe, interpretando como valores baixos, médios e altos.

ANÁLISES BIOLÓGICAS

Foram avaliadas as atividades das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase do solo, associadas ao ciclo do enxofre e do carbono, utilizando o método descrito por Tabatabai (1994). Este método baseia-se na

determinação colorimétrica do p-nitrofenol (coloração amarela) formado após a adição de substratos incolores específicos para cada enzima avaliada. Para cada amostra de solo, foram efetuadas três repetições analíticas no laboratório. A atividade enzimática do solo foi expressa em mg p-nitrofenol liberado por grama de solo seco por hora. Para a determinação foi criada uma curva de calibração com concentrações conhecidas de p-nitrofenol e os valores obtidos foram interpretados segundo tabela de interpretação obtida em pesquisas realizadas no Cerrado brasileiro (LOPES et al., 2018). O estudo com enzimas do solo é recente e a Embrapa lançou faixas de valores para interpretação (Tabela 1), porém estes valores são resultado de pesquisas realizadas no Cerrado brasileiro (LOPES et al., 2018), e não há faixas de valores para interpretação e poucos estudos para a região onde este estudo foi realizado.

Tabela 1: Valores de atividade de β -glicosidase e arilsulfatase expressos em mg de p-nitrofenol/kg de solo/h, no Cerrado brasileiro.

Bioindicadores	Baixo	Moderado	Adequado
β -Glicosidase	≤ 90	91-225	> 225
Arilsulfatase	≤ 25	26-145	> 145

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DOS SOLOS

Em relação a textura dos solos analisados, foi observado predomínio da fração areia em relação a silte e argila, em todas as amostras analisadas, como observado abaixo (Figura 1). Nove áreas apresentaram solos com teor de argila de até 15%, classificados como textura arenosa, sete delas com textura média, possuindo de 15 a 35% de argila e apenas uma área analisada apresentou textura argilosa, com mais de 35% de argila. A textura do solo está relacionada ao seu material de origem, apresentando variação devido à abrangência da região onde as amostras foram coletadas. O predomínio de solos arenosos pode estar relacionado à facilidade de manejo, já que na maioria das áreas são cultivadas olerícolas, que são culturas de ciclo curto que demandam intenso manejo do solo. Conhecer a classificação textural do solo é importante para o produtor, pois facilita sua compreensão em relação à dinâmica de nutrientes e água, interferindo no seu manejo e nas escolhas das culturas que melhor se adaptam àquelas áreas.

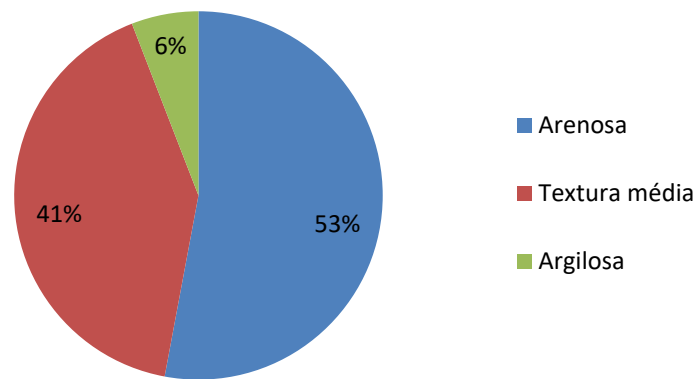


Figura 1: Classificação textural das áreas avaliadas dos produtores orgânicos cooperados da Cooperversus.

ATRIBUTOS QUÍMICOS – FERTILIDADE DO SOLO

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados das análises da fertilidade química e foi observado o pH variou de 4,74 a 6,24. Das dezessete áreas avaliadas, onze apresentaram pH no intervalo de 5, a 6 considerado ideal para os solos, quatro apresentaram pH abaixo do ideal e apenas duas áreas apresentaram pH acima de 6. Valores semelhantes foram relatados por Silva et al., (2019) em áreas irrigadas no estado de Sergipe.

Para o elemento cálcio, os valores encontrados variaram de 0,3 a 4,7 Cmolc kg⁻¹, com a maioria das áreas apresentando resultados baixos a médios. Foi observado seis áreas com valores menores que 1,6 Cmolc kg⁻¹, nove áreas com valores médios, na faixa de 1,6 a 3 Cmolc kg⁻¹ e duas com valores considerados altos de cálcio segundo a tabela de interpretação para o estado de Sergipe (SOBRAL et al., 2007). Foi observado também grande variação de magnésio nos solos, com valores de 0,06 a 3,9 Cmolc kg⁻¹, porém para este elemento a maioria das áreas apresentou valores considerados médios e altos. A relação recomendada de três vezes mais cálcio que magnésio no solo, foi percebido em apenas sete áreas analisadas.

Estas informações dos teores de cálcio e magnésio e a proporção entre eles são importantes para definir qual tipo de calcário recomendar aos produtores se houver necessidade de calagem, indicando calcário calcítico para áreas onde há necessidade de elevar os teores de cálcio, ou calcário dolomítico para áreas onde há necessidade de elevar os teores de magnésio nos solos.

Tabela 2: Fertilidade química das áreas avaliadas dos produtores orgânicos cooperados da Coopergus.

Áreas avaliadas	Município	Uso atual	pH H ₂ O	Ca -----Cmolc kg ⁻¹ -----	Mg -----Cmolc kg ⁻¹ -----	K mg kg ⁻¹ -----	P	MO g kg ⁻¹	V %
1	São Cristóvão	Pastagem	4,74	1,6	1,2	190	37,93	13,17	59,25
2	São Cristóvão	Pastagem	5,77	4,7	3,9	440	10,9	14,18	78,59
3	São Cristóvão	Pastagem	5,22	3,1	0,9	340	5,78	13,48	76,5
4	São Cristóvão	Pousio	5,73	1,7	0,3	30	20,68	6,94	42,2
5	Itaporanga D'ajuda	Olerícolas	5,35	1,9	0,6	100	50,7	9,41	73,89
6	Itaporanga D'ajuda	Olerícolas	5,6	1,2	0,4	10	22,6	13,3	58,04
7	Estância	Pousio	4,93	0,7	0,3	50	27,14	4,77	23,19
8	Estância	Olerícolas	5,14	1,6	0,5	90	68,38	7,67	39,65
9	Areia Branca	Videiras	6,13	2,1	1,2	250	72,56	8,53	79,14
10	Areia Branca	Macieiras	5,45	1,9	1,3	210	85,13	6,94	79,59
11	Malhador	Pousio	5,13	1,2	1,3	80	29,91	5,49	59,55
12	Malhador	Mamoeiros	5,86	2,6	2,3	90	68,38	8,53	77,64
13	Campo do Brito	Olerícolas	6,24	1,6	0,7	40	78,1	8,39	64,9
14	Campo do Brito	Frutíferas	4,91	1,7	1,5	10	72,48	9,68	65,04
15	Indiaroba	Laranjeiras e abobreiras	5,18	1,3	0,6	30	2,16	14,18	33,8
16	Indiaroba	Laranjeiras e cajueiros	5,07	0,3	0,06	30	3,86	11,29	8,62
17	Indiaroba	Pastagem	4,86	0,5	0,6	20	2,51	11,58	24,29

Unidades dos resultados das análises químicas de fertilidade do solo: pH em água; Ca (cálcio) e Mg (magnésio) em Cmolc kg⁻¹; K (potássio) e P (fósforo) em mg kg⁻¹; MO (matéria orgânica) em g kg⁻¹ e saturação por bases (V%) para profundidade de 0 – 20 cm.

Os teores de potássio variaram de 10 a 440 mg kg⁻¹ de solo e foram considerados altos em nove áreas amostradas, médio em sete áreas e baixo em duas áreas, não indicando relação com a localização dos municípios. Esses resultados corroboraram com dados da literatura para a região amostrada, onde os teores de potássio normalmente encontrados nos solos do estado são considerados médios a altos (SIQUEIRA, 2007). Elevado teor de potássio é um indicador de presença de minerais primários, o que ocorre em regiões de clima mais seco, já teor baixo de potássio é indicador de solos mais intemperizados.

O elemento fósforo seguiu a mesma tendência observada para potássio, com valores variando de 2,51 a 85,13 mg kg⁻¹ de solo e considerados altos em onze das dezessete áreas avaliadas, uma com teor considerado mediano e cinco áreas com valores baixos de fósforo, estas últimas nos municípios de São Cristóvão e Indiaroba. Todas as áreas com altos teores de fósforo também apresentaram altos teores de potássio e interessante observar que as áreas com baixos teores de fósforo, apresentaram os maiores valores de matéria orgânica.

Estes dados refletiram os cuidados com a melhoria e manutenção da fertilidade dos solos promovida por estes produtores, onde os altos teores de fósforo indicaram ser resultado de fertilizações realizadas, já que aproximadamente 80% dos municípios sergipanos apresentam restrições severas em termos de disponibilidade de fósforo para fins de produção agropecuária (SIQUEIRA, 2007). Teores altos de P extraível também foram relatados em estudo no Perímetro Irrigado Piauí em Lagarto – SE, sendo maior nos usos do solo para consórcio entre pimenteira e maracujazeiro e menor em área de pastagem (SILVA, 2011). Este autor observa que a adição de insumos aos cultivos pode estar sendo feita de forma inadequada e sem avaliação prévia das condições de fertilidade do solo, levando a um gasto desnecessário com adubações.

O fósforo tem sido um dos nutrientes de mais difícil fornecimento às plantas, muitos solos têm fósforo, mas este não está disponível no nível ótimo exigido pelas culturas.

No solo, o fósforo encontra-se na fase sólida nas formas orgânicas e inorgânicas e na fase líquida em formas inorgânicas (H₂ PO₄-e HPO₄²⁻). Na maioria dos solos, o fósforo total pode ser relativamente grande, entretanto processos geoquímicos e biológicos podem transformar os fosfatos naturais em formas estáveis, fixando-o ao solo por ligações com outros elementos como cálcio, ferro ou alumínio, formando compostos não assimiláveis pelas plantas. Para evitar sua fixação em formas estáveis é necessário ação biológica e de acordo com Leite (2004), a passagem do solo e matéria orgânica pelo aparelho digestivo de organismos do solo promove um forte aumento na mineralização da matéria

orgânica em pouco tempo, pois com a fragmentação dos resíduos orgânicos ocorre liberação de quantidades significativas de nitrogênio mineral e fósforo. Em médio ou em longo prazo, o uso contínuo da ação destes organismos proporciona melhoria na estrutura e fertilidade dos solos, indicando a importância de manter níveis adequados de matéria orgânica nos solos.

Já os teores de matéria orgânica, em todas as áreas avaliadas foram considerados baixos por serem menores que 15 g kg^{-1} , porém foi observado que em sete áreas, os valores estão maiores, e na tabela de interpretação estão próximos aos valores medianos de matéria orgânica. Interessante observar que destas 7 áreas, 3 são de São Cristóvão, usadas atualmente com pastagem e apresentam bom nível geral de fertilidade e nas outras 3 áreas, as amostras foram coletadas no município de Indiaroba, usadas atualmente para pastagem ou cultivo de laranjeiras e cajueiros ou laranjeiras com abobreiras e apresentam baixa fertilidade geral.

Sabemos que em condições tropicais é difícil manter altos teores de matéria orgânica em áreas cultivadas e de acordo com Barros (2013), solos em clima tropical contém uma faixa entre 0,02 e 0,4% e em alguns solos podendo chegar a 2% de matéria orgânica. As áreas analisadas neste estudo recebem apenas adubação orgânica e mineral, que deveriam estar contribuindo para o aumento dos teores de matéria orgânica destes solos, porém o que possivelmente possa estar contribuindo para que seu aumento não seja significativo é a textura e o revolvimento do solo.

O manejo inadequado dos solos pode provocar mineralização da matéria orgânica, podendo gerar uma conversão em um ano de 2 a 5% de nitrogênio orgânico em nitrogênio mineral. O carbono orgânico apresenta uma rápida ciclagem, o que pode alterar sua concentração, que é influenciada pelos fatores sazonais e de manejo do solo. Por este motivo ele é utilizado para identificar as mais sensíveis alterações na matéria orgânica do solo e da qualidade ambiental. Porém, o incremento de matéria orgânica deve ser prioridade em áreas de produção orgânica pois servem como reservatório de nutrientes. Solos com maior teor de matéria orgânica apresentam mais fósforo disponível, já que a maior adsorção de fósforo ocorre pelos óxidos, hidróxidos e oxidróxidos de ferro e alumínio que promovem insolubilização desse nutriente em solos tropicais (SOUZA et al., 2006).

O solo é constituído por compostos de carbono, que são originados a partir da decomposição de resíduos vegetais e animais, formando assim a matéria orgânica. Além de fornecer nutrientes a matéria orgânica apresenta cargas de superfície que contribuem para o aumento da CTC do solo e, possui grande disponibilidade de nutrientes devido a sua alta reatividade, destacando os micronutrientes. A matéria orgânica em ambiente de clima tropical tem uma grande importância,

tendo efeitos positivos à física e química dos solos devido a melhor agregação e retenção de água, maior CTC e disponibilidade de nutrientes como também está ligada a aspectos biológicos que se relacionam com microrganismos benéficos encontrados na matéria orgânica do solo (ZANDONADI et al., 2014).

De acordo com Ronquim (2010), a saturação por bases (V%) é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada como complemento na nomenclatura dos solos. Na tabela 2, observamos que seis áreas estão com um índice de saturação acima de 70%, considerado alto. Cinco áreas apresentaram valores medianos, variando entre 50 e 70% de saturação de bases, e seis áreas mostraram valores menores que 50%, considerados baixos diante da tabela de interpretação. A melhoria da saturação por bases depende do manejo da matéria orgânica, pois solos arenosos com baixos teores de argilas são pobres em cargas e CTC, consequentemente pobres em nutrientes, além de maior facilidade da perda desses nutrientes por lixiviação (FERNANDES et al., 2009).

De uma forma geral, foi observado que os solos analisados apresentaram boa fertilidade química. A maioria das áreas amostradas apresentou valores de pH ideais e os teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e V% foram interpretados como médios a altos. Apenas o teor de matéria orgânica foi considerado baixa em todas as áreas. Os dados mostraram variações entre amostras do mesmo município e os piores resultados foram observados para as áreas do município de Indiaroba. Resultados semelhantes foram obtidos em um estudo realizado em Simão Dias, região semiárida do estado de Sergipe, onde avaliou-se os atributos químicos do solo em sistema agroecológico de produção, obtendo indicação de boa fertilidade de modo geral nas áreas estudadas, apesar dos valores de matéria orgânica serem considerados baixos (PERIN et al., 2018).

Cumprimos nosso papel como instituição pública ao levar conhecimentos aos produtores rurais. Fizemos análise de fertilidade de uma área para cada produtor, retornamos com os resultados e mostramos a importância desta análise para definir a necessidade e quantidade de calagem e adubação além de indicar práticas conservacionistas de manejo de solos. Em estudo anterior com estes produtores, foi constatado que utilizam diferentes adubos orgânicos e todos produzem composto em suas propriedades e também afirmaram utilizar práticas de conservação do solo (SANTOS et al., 2019).

Para este estudo, foram amostradas áreas agrícolas em diferentes municípios sergipanos, com diferentes tipos de solos, manejos e usos. Nem todas estas informações foram possíveis de serem obtidas devido à necessidade de isolamento social na época. A grande área de amostragem, a falta de

áreas de referência (mata) e a falta das informações sobre os solos estudados, dificultam a discussão dos dados e não indicaram relação entre o uso atual com dos resultados de fertilidade química

ATRIBUTOS BIOLÓGICOS – QUANTIFICAÇÃO ENZIMÁTICA

Nas dezessete áreas analisadas, os menores valores das enzimas: 60,56 mg kg⁻¹ para arilsulfatase e 76,2 mg kg⁻¹ para β-glicosidase, foram encontrados em área cultivada com mamoeiros em Malhador e área em pousio em São Cristóvão, respectivamente. Os maiores valores foram encontrados em São Cristóvão em área de pastagem com os respectivos resultados 722 mg kg⁻¹ para arilsulfatase e 360,44 mg kg⁻¹ para β-glicosidase (Tabela 3).

Segundo Mendes et al., (2015), os bioindicadores juntamente com os parâmetros químicos e físicos são aptos para constituírem um conjunto de parâmetros que descrevam a qualidade dos solos.

Tabela 3: Atividade das enzimas arilsulfatase e β-glicosidase (mg de p-nitrofenol/kg de solo/h) nas áreas avaliadas dos produtores orgânicos cooperados da Coopesus.

Produtor	Município	Uso atual	PNS	PNG
1	São Cristóvão	Pastagem	70,48	121,00
2	São Cristóvão	Pastagem	722,00	360,44
3	São Cristóvão	Pastagem	367,68	249,22
4	São Cristóvão	Pousio	81,08	76,20
5	Itaporanga D'ajuda	Olerícolas	126,52	107,84
6	Itaporanga D'ajuda	Olerícolas	169,4	124,60
7	Estância	Pousio	103,16	113,56
8	Estância	Olerícolas	138,40	146,26
9	Areia Branca	Videiras	111,24	85,54
10	Areia Branca	Macieiras	192,76	154,96
11	Malhador	Pousio	98,92	90,42
12	Malhador	Mamoeiros	60,56	180,44
13	Campo do Brito	Olerícolas	95,96	84,70
14	Campo do Brito	Frutíferas	135,44	87,66
15	Indiaroba	Laranjeiras e abobreiras	399,52	304,62
16	Indiaroba	Laranjeiras e cajueiros	707,20	303,78
17	Indiaroba	Pastagem	115,92	260,90

PNS: Arilsulfatase e **PNG:** β-glicosidase para profundidade de 0 – 10 cm.

O estudo com enzimas do solo é recente e a Embrapa lançou faixas de valores para interpretação, porém estes valores são resultado de pesquisas realizadas no Cerrado brasileiro (LOPES et al., 2018), e não há faixas de valores para interpretação e poucos estudos para a região onde este estudo foi realizado.

Comparando com a tabela de interpretação do cerrado, os valores da enzima arilsulfatase foram considerados moderados em onze áreas e adequados em seis áreas e nenhuma área com baixo valor da enzima. Das seis áreas que apresentaram maiores valores de matéria orgânica, quatro delas apresentaram os maiores valores desta enzima, indicando tendência de correlação entre matéria orgânica e atividade da arilsulfatase nas áreas estudadas. Essa enzima está ligada ao ciclo do enxofre no solo e sabemos que como o nitrogênio, a maior parte do enxofre está na matéria orgânica.

Os maiores valores para arilsulfatase foram observados em 2 áreas com pastagem em São Cristóvão, uma área com olerícolas em Itaporanga D'Ajuda, uma área com macieiras em Areia Branca e duas áreas em Indiaroba, uma com cultivo de laranjeiras e abobreiras e outra com laranjeiras e cajueiros. É relevante observar que o valor dessa enzima no município de São Cristóvão diferiu para as áreas de acordo com seu uso atual, em área de pastagem o maior teor analisado dessa enzima foi nove vezes maior que na área de pousio. A diferença de valores encontrados no mesmo município pode indicar manejos sustentáveis mais intensos em algumas áreas. Maiores valores dessa enzima também foram encontrados em área de pasto por Silva et al., (2012) ao analisar o carbono orgânico total e atividade enzimática em solos de áreas agrícolas, florestais e de pastagem no Médio Vale do Paraíba do Sul-RJ.

Estes dados corroboram com os resultados encontrados por Lisboa et al., (2012) ao analisar os atributos microbianos para avaliar a qualidade do solo submetido a diferentes sistemas de preparo e de culturas, em relação a um sistema de referência, e por Melero et al., (2008) em um estudo que comparou Plantio Convencional e Plantio Direto em sistemas de produção de grãos na Espanha.

Para β -glicosidase, também comparando com a tabela de interpretação para o Cerrado, foram observadas quatro áreas com valores baixos, sete áreas com valores moderados e cinco áreas com valores adequados. As áreas com valores baixos e moderados não indicaram relação com uso e manejo, mas interessante observar que as duas áreas de São Cristóvão cultivadas com pastagem e as três áreas de Indiaroba, que apresentaram os maiores valores para arilsulfatase, também apresentaram os maiores valores para β -glicosidase. E como mostrado nos dados de fertilidade química (Tabela 2), as áreas de Indiaroba apresentaram os piores resultados, com os menores valores de V% de todas as áreas estudadas, as apresentaram os melhores resultados de fertilidade biológica.

Nem sempre teores de enzimas tem relação com dados de fertilidade do solo. Justamente por serem indicadores mais sensíveis, as enzimas são capazes de detectar/antecipar as mudanças ocorridas nos solos, mediante os manejos adotados pelos agricultores, indicando que estas áreas de Indiaroba possivelmente estão no início de melhorias e que a análise química ainda não consegue detectar. Essas

enzimas também são correlacionadas com vários outros atributos microbiológicos (carbono da biomassa microbiana, respiração basal, fosfatase ácida, celulase, desidrogenase), o que permitiu a seleção de apenas dois indicadores para expressar o funcionamento da maquinaria biológica dos solos (MENDES et al., 2020).

Estudos já mostraram que áreas com pastagens apresentaram bons resultados para atividade enzimática do solo. Um experimento realizado em Itiquira-MT, avaliou sistemas de monocultivo, sucessão e rotação de culturas no cultivo de soja. Destacando-se os resultados nos valores de atividade enzimática para os tratamentos: soja/pousio 64 (β -glicosidase) 28 (arilsulfatase) e soja/braquiaria 233 (β -glicosidase) 223 (arilsulfatase) (MENDES et al., 2018).

Um estudo realizado no bioma Caatinga mostrou que a atividade enzimática de solos com ação antrópica era menor que nas áreas sem ação antrópica (CAVALCANTE et al., 2020). Vários autores relatam maiores atividades enzimáticas em sistemas conservacionistas frente a cultivos convencionais: Segundo Peixoto et al., (2010), o alto nível de β -glicosidase em áreas de plantio direto em comparação com áreas de plantio convencional pode ser explicado pela alta concentração de resíduos vegetais na superfície do solo. Posto que, essa enzima atua na degradação de celulose, portanto sua atividade pode estar condicionada a insumos de material celulósico no solo, como também aos fatores físico-químicos que regulam a atividade de decomposição dos microrganismos. Melero et al., (2008), evidenciaram que a entrada de diferentes resíduos de cultura também pode ter grande influência na síntese de enzimas microbianas, uma vez que, tanto o resíduo da cultura, quanto a qualidade da matéria orgânica afetam a diversidade funcional da comunidade microbiana do solo. Mendes et al., (2018), relatam que, maior aporte de resíduos vegetais resulta inicialmente em mais atividade biológica e com o passar do tempo, mais ciclagem de nutrientes, maior estruturação e agregação do solo, resultando em maior retenção de água, evidenciando que na escalada da melhoria de um solo, os atributos microbiológicos são os primeiros a serem impactados.

Como observado para os dados de fertilidade química, a área de abrangência deste estudo foi grande, com grande variação de solos, clima e manejo e a falta de área referência em cada propriedade agrícola, dificultou maior exploração dos dados. Os dados obtidos variaram muito dentre os diferentes usos dos solos, desde área em pousio, culturas perenes como pastagem e frutíferas até áreas com olerícolas que demandam maior manejo, não foi observado uniformidade nos resultados. Área com mesmo uso apresentaram valores considerados baixos ou altos para as enzimas. Além disso, a falta de

dados referência para a região nos mostra que mais estudos são necessários para compreender sua dinâmica além da contribuição dos dados de fertilidade química dos solos.

CONCLUSÕES

A maioria dos solos estudados apresentou textura arenosa, seguido de textura média;

A maioria dos solos apresentaram boa fertilidade, valores ideais de pH, teores médios a altos para Ca, Mg, K, P e V% e baixos teores de matéria orgânica;

Comparando a atividade das enzimas com a faixa de indicação o para o Cerrado, os valores obtidos para arilsulfatase foram considerados moderados e adequados e para β -glicosidase foi observado maior variação de resultados, desde baixos até adequados;

Não foi observada relação entre fertilidade química e teor de enzimas com o uso atual dos solos;

Foi observado que as áreas com maiores valores de arilsulfatase e β -glicosidase, apresentaram os maiores teores de matéria orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-MARTINEZ, V. & TABATABAI, M.A. Enzyme activities in a limed agricultural soil. *Biol. Fert. Soils*, 31:85-91, 2000.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Rev. Bras. de Tec. Apli. nas Ci. Agrárias*, Guarapuava-PR, v.5, n.1, jun. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/270106254>. Acesso em: 01/03/2021.
- BALOTA, Elcio L.; NOGUEIRA, Marco A.; MENDES, Ieda C.; HUNGRIA, Mariangela; FOGOTTI, Dáfila S. L.; MELO, Gabriel M. P.; SOUZA, R. C.; MELO, Wanderley J. Enzimas e seu papel na qualidade do solo. *TópicosCi.Solo*,8:221278,2013.Disponívelem:https://www.researchgate.net/publication/288482294_Enzimas_e_seu_papel_na_qualidade_do_solo? Acesso em: 01/11/2020.
- BARROS, J. D. de S. CONTRIBUIÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO PARA MITIGAR AS EMISSÕES AGRÍCOLAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA. *POLÊM! CA*, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 341-351, jun. 2013. Disponível em:<<https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6436/4862>>. Acesso em: 13/11/2020.
- CAVALCANTE, WILANEIDE FERREIRA et al . ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO BIOMA CAATINGA COM E SEM AÇÃO ANTROPICA1. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 142-150, Mar. 2020. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198321252020000100142&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26/03/2021.
- FERNANDES, S. G.; MACHADO, C. T. de T.; CORREIA, J. R.; FERNANDES, L. A.; VILELA, M. de F. FERTILIDADE DOS SOLOS EM PROPRIEDADES FAMILIARES NA COMUNIDADE ÁGUA BOA 2 EM RIO PARDO DE MINAS (MG): RELAÇÃO COM O MANEJO E PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS. *Rev. Bras. De Agroecologia*, Minas Gerais, v. 4, n. 2. nov. 2009.
- FERREIRA, Enderson P. B.; WENDLAND, A.; DIDONET, A. D. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. *Bragantia*, v. 70, n. 4, p. 1-9, 2011.
- GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. INDICADORES FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DE SOLO DE INTERESSE AGRÍCOLA. 1.ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2006. 8p.
- KARLEN, D.L; MAUSBACH, M.J; DORAN, J.W; CLINE, R.G; HARRIS, R.F e SCHUMAN, G.E (1997) QUALIDADE DO SOLO: UM CONCEITO, DEFINIÇÃO E ESTRUTURA PARA AVALIAÇÃO. *Jornal da Sociedade de Ciências do Solo da América*, 61, 4-10.
- LAVELLE, P. et al. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, France, v. 42, n. 1, p. 3–15, 2006.
- LEITE, L. F. C. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2004. 31 p. Disponível em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36210/1/Doc97.pdf>.Acessoem:01/02/2021.
- LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejos. *Rev. Bras. de Ciência do Solo*, Viçosa- MG, v. 36, p. 45-55, 2012.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, Fábio B.; FIGUEIREDO, C. C.; MALAQUIAS, J. V.; SOUZA, L. M.; MENDES, Ieda C. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. *Geoderma Regional*, v. 12, p. 72-82, 2018.

MELERO, S.; VANDERLINDEN, K.; RUIZ, J.C. & MADEJON, E. Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. *Eur. J. Soil Biol.*, 44:437-442, 2008.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JUNIOR, F. B. dos; SILVA, O. D. D. da; OLIVEIRA, M. I. L. de; LOPES, A. A. de C.; SOUZA, L. M. de. Bioanálise de Solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola. *Informações Agronômicas*, n. 8, p. 1-11, dez. 2020. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1128778&biblioteca=vazio&busca=1128778&qFacets=1128778&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 21/01/2024.

MENDES, Ieda C.; SOUSA, Djalma M. G.; REIS JUNIOR, Fábio B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v. 32, p. 191- 209, 2015.

MENDES, Ieda C.; SOUSA, Djalma M. G.; REIS JUNIOR, Fábio B. dos; LOPES, André de C. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. (Circular Técnica 38) Embrapa, Planaltina, DF, Dezembro, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/buscadepublicacoes//publicacao/1110832/bioanalise-de-solo-comoacessar-e-interpretar-a-saude-do-solo>. Acesso em: 01/09/2020.

NEGRETTI, R. R. D.; BINI, D. A.; MARTINS, C. R. AVALIAÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM PIMENTÃO CAPSICUNANNUUM CULTIVADO EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO SOB AMBIENTE PROTEGIDO. *Revista da FZVA, Uruguiana*, v. 17, n.1, p. 27-37, 2010.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:655-663, 2003.

OLIVEIRA, W. C. M. de. QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB PASTAGEM DE BRACHIARIA BRIZANTHA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO COM CINZA VEGETAL. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2019.

PEIXOTO, R. S.; CHAER, G. M.; FRANCO, N.; REIS JUNIOR, Fábio B.; MENDES, Ieda C.; ROSADO, A. S. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. *Antonie van Leeuwenhoek*, Berlin, v. 98, n. 3, p. 403-413, 2010.

PERIN, L.; FARIAS F. de J.; SILVA, T. C. C. B.; MENEZES, V. M. M.; PINHEIRO, S. S. C. ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROECOLÓGICO DE PRODUÇÃO. *Rev. Exp. Científica*. v. 3. 2018.

RONQUIM, C. C. CONCEITOS DE FERTILIDADE DO SOLO E MANEJO ADEQUADO PARA AS REGIÕES TROPICAIS / Carlos Cesar Ronquim. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010 26 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8). ISSN 1806-3322

SANTOS, R. D.; LEMOS, RE. C.; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos; SHIMIZU, S. H. MANUAL DE DESCRIÇÃO E COLETA DE SOLO NO CAMPO. 6° ed. Revisada e ampliada. Viçosa, MG. SBCS, 2013, 100 p.

SILVA, C. F. ; Pereira, M. G.; Miguel, D. L.; Feitora, J. C. F.; Loss, A.; Menezes, C. E. G.; Silva, E. M. R. da. CARBONO ORGÂNICO TOTAL, BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO DE ÁREAS AGRÍCOLAS, FLORESTAIS E PASTAGEM NO MÉDIO VALE DO PARAÍBA DO SUL (RJ). Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v.36, n.6, p.1680-1689, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000600002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02/04/2021.

SILVA, T. L.; NETTO, A. O. A.; GONZAGA, M. I. S.; PACHECO, E. P.; SILVA, T. O.; CARVALHO, C. M. SOIL CHEMICAL QUALITY IN IRRIGATED AGRICULTURAL AREAS. Rev. Bras. de Ci. Agrárias, Recife, v.14, n.1, e5624, 2019.

SILVA, T. L. da. Efeito do uso do solo nos atributos físicos e químicos nos lotes do perímetro irrigado Piauí, município de Lagarto-SE. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Sergipe, 71 pg, 2011.

SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L., BARRETTO, M. C. V. & GOMES, J. B. V. RECOMENDAÇÃO PARA USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES NO ESTADO DE SERGIPE. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251p.

SOBRAL, L. F.; MACEDO, L. C. B. de; SANTOS, R. C. FUNDAMENTOS DA ANÁLISE DE SOLO PARA FINS DE RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES. In: SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L., BARRETTO, M. C. V. & GOMES, J. B. V. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251p.

SANTOS, D.; SANTOS, J. C.; PERIN, L. Fertilizantes Orgânicos na Produção Sustentável no Estado de Sergipe. XI CBA - Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2019.

SOUZA, R. F. de; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e Adubação Orgânica: Influência na Adsorção de Fósforo em Solos. R. Bras. Ci. Solo, 30:975-983, 2006.

TABATABAI, M.A. Enzymes. In: WEAVER, Richard W.; AUGLE, S.; BOTTOMLEY, P.J.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A. & WOLLUM, A., eds. Methods of soil analysis. Madison, Soil Science Society of America, 1994. Part 2. p.775-833. (Microbial and Biochemical Properties, 5).

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. Hortic. bras., v. 32, n. 1, jan/mar. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v32n1/0102-0536-hb-32-01-00014.pdf>. Acesso em: 11/12/2020.

Capítulo 6

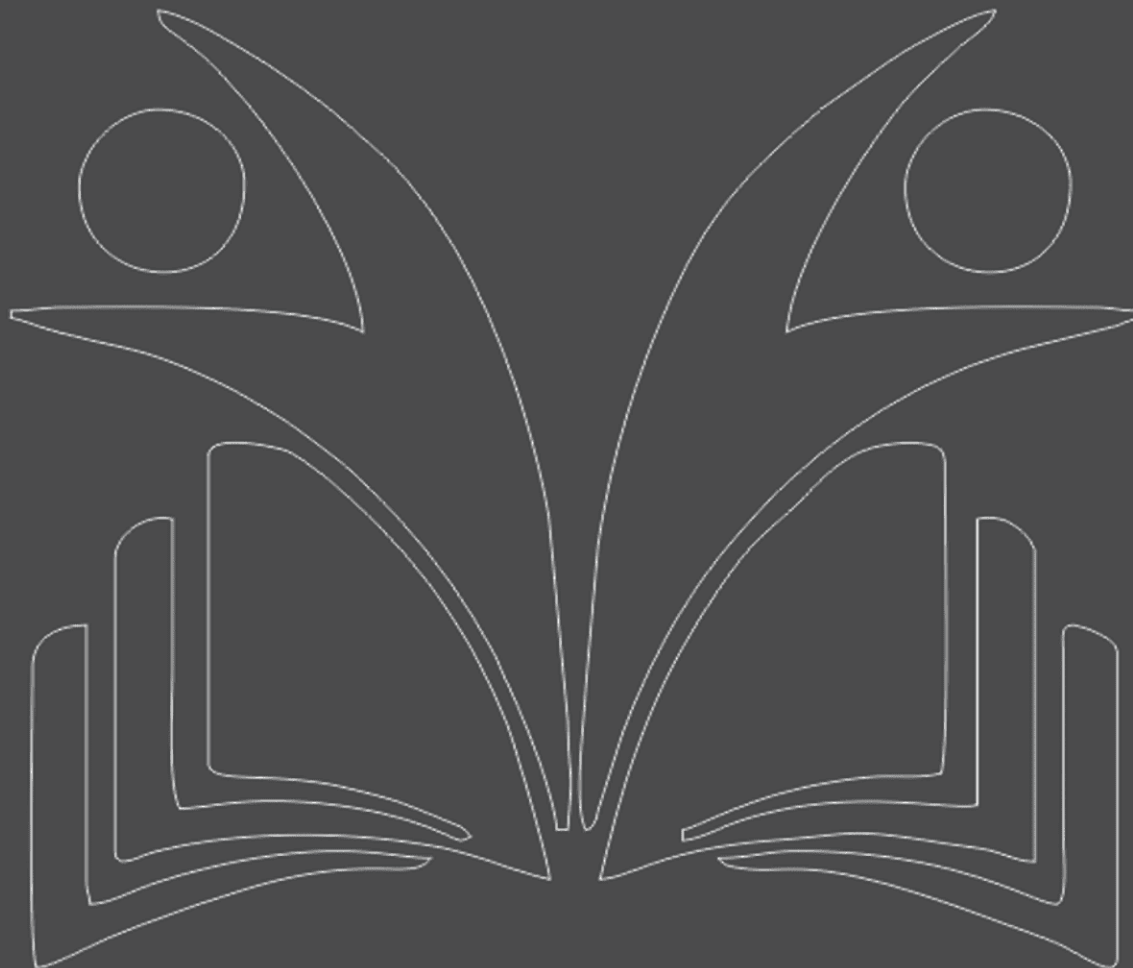


10.37423/240108684

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA COUVE MANTEIGA (BRASSICA OLERACEA L.) EM AMBIENTE PROTEGIDO COM APLICAÇÕES HOMEOPÁTICAS DO HÚMUS DE MINHOCAS

Evany Francisco da Silva

Ifpe Campus Barreiros



Resumo: Considerando a importância socioeconômica da agricultura orgânica para a produção de hortaliças e o crescente uso de tecnologias sociais voltadas para agricultura foi proposto este trabalho que teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da couve manteiga (*Brassica oleracea* L.), através das aplicações de preparos homeopáticos utilizando-se como sarcódio o húmus de minhoca. Utilizou-se o delineamento estatístico em blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram do preparado homeopático – húmus de minhoca nas dinamizações de 3CH, 6CH, 9CH (centesimal hahnemanniana), sendo a água o controle. Houve diferenças significativas no diâmetro médio do caule aos 28 e 35 dias para o controle em relação aos tratamentos.

Palavras-chave: homeopatia vegetal; adubação homeopática; agricultura orgânica.

INTRODUÇÃO

Na agricultura o uso da homeopatia tem sido estudado como forma de auxiliar o manejo de sistemas ecológicos de produção (Bonato, 2006). A ciência da homeopatia, criada pelo médico Alemão Samuel Hahnemann, , busca uma abordagem integrativa dos seres vivos e a valorização de sua individualidade, e se antes era aplicada exclusivamente em seres humanos, nas últimas décadas, passou a ser utilizada também em tratamentos de plantas e animais (OLIVEIRA et al., 2011).

Na agricultura orgânica o uso da homeopatia é uma prática legalmente autorizada (mencione a Lei e IN e cite-as nas referências bibliográficas) que atende aos preceitos do desenvolvimento sustentável. No Brasil a produção orgânica contribui no crescimento da economia nacional. (Abordar o aspecto de tecnologia social citado no resumo)

Na agricultura de base agroecológica, é viável a produção de alimentos de qualidade e que contribuem com a preservação do meio ambiente, pois a mesma reduz o uso de agrotóxicos e ainda melhora a qualidade de vida dos indivíduos envolvidos nesse processo de produção e dos futuros consumidores destes produtos (SANTOS et al., 2012).

O presente estudo teve por o objetivo foi avaliar o desenvolvimento da couve manteiga (*Brassica oleracea* L.) por meio das aplicações de preparos homeopáticos utilizando o húmus de minhoca.

METODOLOGIA

Este experimento integra parte da disciplina de homeopatia II (prática) ofertada no curso de Tecnologia em Agroecologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco Campus IFPE- Barreiros. Foram utilizadas sementes comerciais de couve manteiga (*Brassica oleracea* L.) que foram postas para germinar e, após uma semana da germinação, quando as plântulas apresentavam quatro a seis folhas e, pelo menos, 10 cm de altura, foram transplantadas para sacos plásticos com dimensões de 20 cm de altura e 15 cm de largura. Como substrato utilizou-se uma mistura de esterco bovino curtido mais solo argiloso, na proporção de 8:2, sendo 750 gramas de esterco bovino e 250 gramas de solo argiloso.. O preparado homeopático utilizado (sarcódio) foi produzido à partir de húmus de minhoca procedente de minhocario do próprio instituto. Os preparados homeopáticos foram elaborados no laboratório de biologia do IFPE Campus Barreiros, conforme a Farmacopéia Homeopática Brasileira (BRASIL, 2011). As aplicações iniciaram cinco dias após o transplantio das mudas, após o pegamento das mesmas. ., Os tratamentos utilizados foram T1 (controle-água destilada) e, T2 (húmus de minhoca, 3CH); T3 (húmus de minhoca, 6CH) e T4 (húmus

de minhoca, 9CH) em diferentes dinamizações. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 tratamentos. Dentro de cada tratamento, tinha-se 4 plantas, ficando cada bloco com 16 plantas, totalizando, 64 plantas distribuídas em 4 blocos e, organizadas na casa de vegetação em espaçamentos de 40x40cm. Para auxiliar na aplicação do preparado homeopático, utilizou-se uma seringa com capacidade de 20ml, com aplicação via solo, três vezes por semana, no período matutino durante 5 semanas seguidas. Foram realizadas cinco avaliações da cultura, com intervalo de sete dias entre avaliações. Sendo observados os seguintes parâmetros: área foliar (Af) em cm² com utilização de uma régua onde mediu-se a folha em três seções longitudinais e três transversais, multiplicando-se em seguida; altura da planta (Ap), a partir do nível do solo até a extremidade das folhas mais altas, com utilização de régua graduada (cm); números de folhas (Nf); diâmetro médio do caule (Dc); e posteriormente, no término do experimento, realizou-se a pesagem da massa fresca da planta (MFP); massa seca da planta (MSP) determinada após permanecer por 72 horas na estufa à 65°C. Os resultados estatísticos foram obtidos através do programa do SAS 2.0 student. Comparou-se as médias entre tratamentos pelo teste Duncan à 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na tabela 1, que não houve diferenças significativas nas dinamizações 3CH, 6CH e 9CH entre si e, quando comparadas com o controle para as variáveis de: - altura da planta (Ap), área foliar (Af) e, número médio de folhas (Nf) durante os períodos de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 dias) pelo teste de Duncan à 5% de probabilidade. Esperava-se que, com uso das dinamizações, o efeito potencializador do preparado nas diluições em estudo gerassem resultados mais significativos em relação ao controle, uma vez que, conforme Bonato (2004), em experimentos com vegetais, o nível de dinamização de um preparado homeopático, pode não ocorrer em diluições mais altas, podendo ocorrer resultados significativos mesmo em baixas diluições. Pois, segundo Andrade (2004), os preparados homeopáticos demonstram potencial de interagir com o metabolismo construtivo do solo, podendo interferir nos processos mobilização e imobilização de nutrientes, na eficiência microbiana, na dinâmica da água e estruturação física do solo.

Quando, se observa o diâmetro médio do caule (Dc) aos 28 e 35 dias (tabela 1 continuação) constata-se que, aos 28 dias, o controle apresentou um Dc = 5,46 mm, apresentando diferenças significativas em relação as dinamizações 3CH, 6CH e 9CH as quais, não apresentaram diferenças significativas entre si. Aos 35 dias, constatase um Dc=7,50 mm com diferenças significativas entre os tratamentos 3CH, 6CH e 9CH os quais não apresentaram diferenças entre si pelo teste Duncan.

A avaliação do diâmetro do caule pode auxiliar no estudo para determinar o melhor período de tutoramento evitando assim perda de plantas pelo vento. O conhecimento do diâmetro do caule é importante para definir a época ideal de tutoramento da planta e, com isso, diminuir perdas de plantas por tombamento com ação do vento (Novo et al., 2010). No entanto, Chakwizira (2007) relata que o desenvolvimento de hastes de couve está relacionado também com as condições do ambiente.

Tabela 1. Avaliação da altura da planta – Ap (cm), área foliar – Af (cm²), número de folhas – Nf e, diâmetro médio do caule da couve manteiga (*Brassica oleracea* L.) aos 7, 14 e 21 dias após o transplântio.

Tratamentos	7 dias				14 dias				21 dias			
	Ap	Af	Nf	Dc	Ap	Af	Nf	Dc	Ap	Af	Nf	Dc
Controle	11,5 A	15,80 A	6,60 A	1,80 A	16,5 A	30,28 A	8,53 A	2,92 A	21 A	61,23 A	9,61 A	4,07 A
3CH	10,4 A	14,56 A	6,46 A	1,76 A	14,7 A	30,20 A	7,4 A	3,00 A	19 A	49,80 A	9,09 A	3,81 A
6CH	11,9 A	16,30 A	6,78 A	1,78 A	15,9 A	30,80 A	8,2 A	2,90 A	19 A	51,54 A	9,61 A	3,77 A
9CH	12,8 A	13,25 A	5,84 A	1,92 A	14,9 A	25,40 A	8,00 A	2,97 A	18 A	49,67 A	9,76 A	3,69 A
CV (%)	36,56	33,04	20,96	21,76	18,87	45,07	24,17	18,14	21,08	38,35	21,26	20,90

Médias seguidas por letras idênticas na coluna não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Duncan à 5% de probabilidade.

Tabela 1 (continuação). Avaliação da altura da planta – Ap (cm), área foliar – Af (cm²), número de folhas – Nf e, diâmetro médio do caule – Dc (mm) da couve manteiga (*Brassica oleracea* L.) aos 28 e 35 dias após o transplântio.

Tratamentos	28 dias				35 dias			
	Ap	Af	Nf	Dc	Ap	Af	Nf	Dc
Controle	26,1 A	86,20 A	10,53 A	5,46 A	31,5 A	167,29 A	12,58 A	7,50 A
3CH	24,1 A	65,43 A	10,09 A	4,90 AB	29,3 A	143,47 A	11,81 A	6,63 B
6CH	24,1 A	67,48 A	10,61 A	4,76 B	29,6 A	127,85 A	10,77 A	6,77 B
9CH	23,4 A	64,24 A	10,76 A	4,77 B	28,4 A	127,32 A	11,61 A	6,84 B
CV (%)	16,04	38,9	19,09	15,35	14,59	37,48	19,61	8,99

Médias seguidas por letras idênticas na coluna não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Duncan à 5% de probabilidade.

Na análise da tabela 3, constata-se que não houve diferenças significativas pelo teste Duncan à 5% de probabilidade entre os tratamentos e o controle para massa fresca da planta e massa seca da planta aos 35 dias após o transplântio. Provavelmente, o efeito nutritivo do substrato com esterco bovino na

proporção 8:2 em todos os vasos, possa ter suprido as necessidades nutricionais da couve manteiga, tornando a aplicação das dinamizações como uma aplicação de manutenção dos nutrientes do solo.

Tabela 3. Avaliação da massa fresca da planta (g) e, massa seca da planta (g) da couve manteiga (*Brassica oleracea* L.) aos 35 dias após o transplantio.

Tratamentos	Massa fresca da planta	Massa seca da planta
Controle	33,60 A	4,90 A
3CH	27,64 A	3,84 A
6CH	25,63 A	3,64 A
9CH	24,26 A	3,52 A
CV (%)	51,32	49,77

Médias seguidas por letras idênticas na coluna não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Duncan à 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Os resultados foram não significativos nos preparados homeopáticos nas dinamizações (3CH, 6CH e 9CH) nas variáveis de altura da planta, área foliar, número médio de folhas, utilizados para avaliar o desenvolvimento da couve manteiga, no entanto, para o diâmetro médio do caule, houve diferenças significativas entre o controle e as dinamizações 6CH e 9CH aos 28 e 35 dias. Estes dados poderão servir como base para novos estudos para implementar maiores dinamizações ou possivelmente maiores doses com maiores frequências nas aplicações homeopática via solo ou como condicionadores da qualidade ambiental do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F.M.C. Alterações na vitalidade do solo com o uso de preparados homeopáticos. 204. 362p. Tese (doutorado em fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2004.
- BRASIL. Farmacopeia Homeopática Brasileira. 3ª Edição. 364p. 2011.
- BONATO, C. M. (Org). Homeopatia simples: alternativa para a agricultura familiar. Marechal Cândido Rondon: Gráfica Líder, 2006. 32p.
- BONATO, C.M. Homeopatia: fisiologia e mecanismos em plantas. In: SEMINÁRIO SOBRE CIÊNCIAS BÁSICAS EM HOMEOPATIA, 4., 2004, Lages. Anais... Lages: CAV/UDESC; EPAGRI, 2004. p. 38-54.
- CHAKWIZIRA, E. Growth and development of 'Pasja' and kale crops with two methods and four rates of phosphorus (P) application. 2008. 127p. (thesis in Masters of Agricultural Science). LINCOLN UNIVERSITY. 2008
- NOVO, M. C. S. S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P. E.; BLAT, S. F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 321-325, jul./set. 2010.
- OLIVEIRA, J. S. B.; MAIA, A. J.; SCHWN-ESTRADA, K. R. F.; CARNEIRO, S. M. T.P. G.; BONATO, C. M. Germinação de sementes de feijão submetidas a preparados homeopáticos de eucalyptus citriodora. VII EPCC- Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. Centro Universitário de Maringá. Paraná. 2011
- SANTOS, J. O. dos et al. A evolução da agricultura orgânica. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Pombal-PB, p.35-41, 2012.

Capítulo 7



10.37423/240108689

COMPARAÇÃO ENTRE GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO NA CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Anderson Nascimento do Vasco

*INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE -
CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO*

Ezequiel Santos Cabral

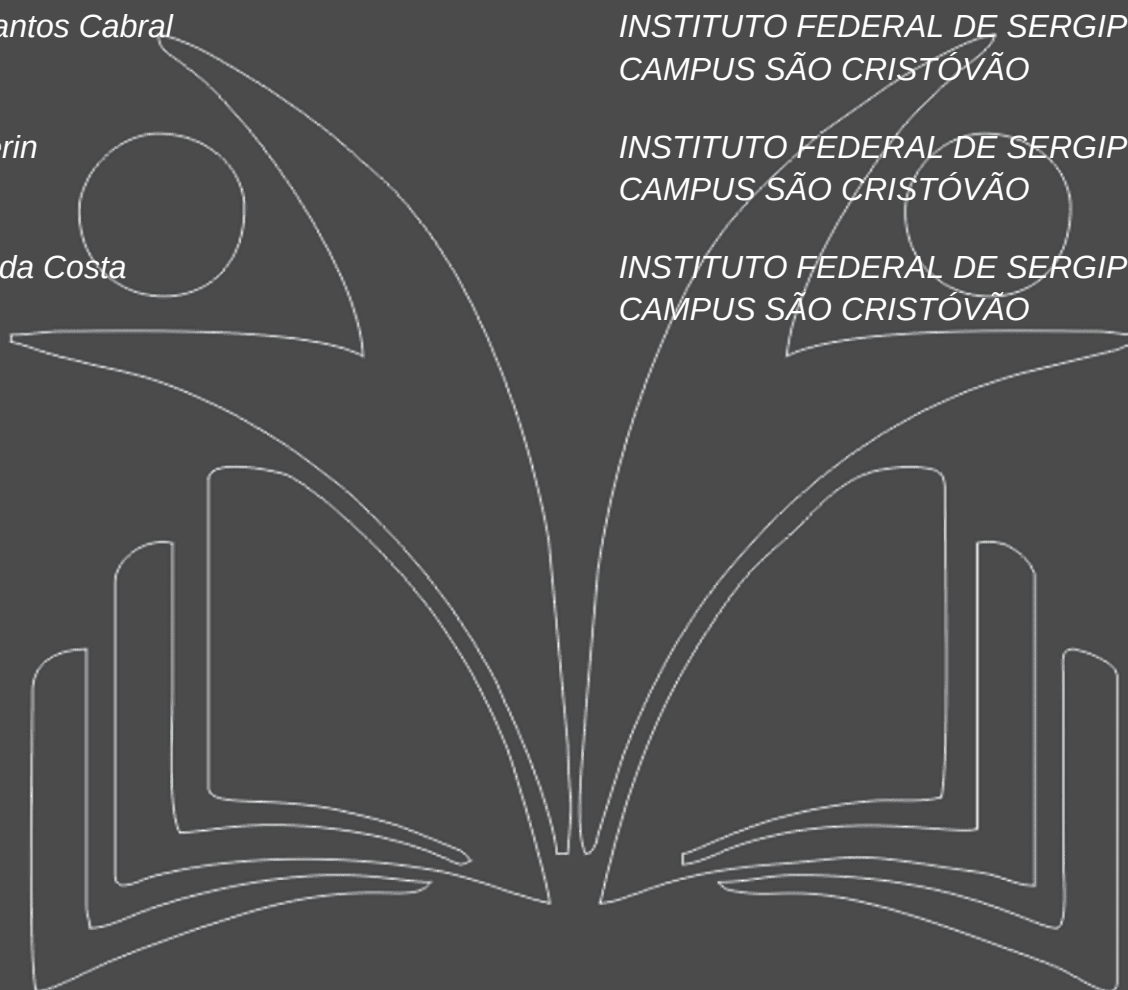
*INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE -
CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO*

Liamara Perin

*INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE -
CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO*

Almí Alves da Costa

*INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE -
CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO*



Resumo: O aumento no consumo de água para irrigação no Brasil e no mundo, vem provocando discussões sobre técnicas e metodologias para melhoria na eficiência do uso da água na agricultura. Este estudo teve como objetivo analisar a eficiência de dois sistemas de irrigação localizada: gotejo superficial (GSup) e gotejo subterrâneo (GSub) e quatro lâminas de irrigação (50% Eto, 75% Eto, 100% Eto e 125% Eto) no desenvolvimento e na produção de milho (*Zea mays*) – Variedade Cativerde 2. O experimento foi conduzido no período de 12/01/2023 até o dia 10/04/2023 na Vitrine Agroecológica do Instituto Federal de Sergipe, | Campus São Cristóvão. O sistema de irrigação foi instalado numa área de 200 m², onde foram dispostas 8 linhas de irrigação com 18 metros, cada linha lateral foi dividida em três parcelas para compor as repetições, o espaçamento entre plantas utilizado foi de 0,2 m e entre linhas de 1,2 m. Antes de iniciar o experimento foi realizado um teste de uniformidade do sistema utilizando o método de Christiansen – CUC. Para determinar a disponibilidade de água no solo, foram realizadas análises de umidade do solo em duas profundidades 0,0 a 0,15 e 0,15 a 0,30 m em cada parcela durante todo o experimento. Para determinar o desenvolvimento e produção do milho foram utilizados os seguintes parâmetros: altura da planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da espiga (CE) e peso da espiga (PE). Assim, se conclui que o sistema de gotejo subterrâneo proporcionou maior desenvolvimento das plantas quando comparado com o sistema de gotejo superficial.

Palavras-chave: Consumo de água, Recursos hídricos, Agricultura irrigada

1. INTRODUÇÃO

O uso da água tem crescido a uma taxa duas vezes maior que o crescimento populacional ao longo do último século. O estresse hídrico, mensurado essencialmente pelo uso da água em função do suprimento disponível, afeta diversas partes do mundo, onde mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países em situação de estresse hídrico (UNITED NATIONS, 2021).

Atualmente, a agricultura é responsável por 69% das retiradas de água em âmbito mundial, que é usada principalmente para irrigação. Essa proporção pode chegar a 95% em alguns países em desenvolvimento (FAO, 2011). De acordo com o Atlas Irrigação, criada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), o Brasil está entre os 10 países com maior área equipada para irrigação do mundo, com 6,95 milhões de hectares. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil conta com uma área irrigável de aproximadamente 29,6 milhões de hectares.

Diversas tecnologias e métodos para reduzir o desperdício da água na agricultura foram desenvolvidos. A Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, que visa o manejo sustentável dos recursos hídricos a fim de preservar a quantidade e boa qualidade da água disponível no país. (Brasil, 1997). O Código Florestal, Lei nº 12.651/12, também é uma legislação relevante quando o assunto é água. Nele encontram-se diretrizes que pregam pela preservação das matas e também dos recursos hídricos. (Brasil, 2012). O Decreto nº 7.794/12 que instituiu a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população por meio do uso sustentável dos recursos naturais. (Brasil, 2012).

A crescente demanda por recursos hídricos no meio agrícola, em face da incorporação de novas áreas ao processo produtivo, tanto no Brasil como em qualquer outra parte do mundo, tem aumentado as preocupações no que diz respeito ao uso racional de água de modo a não causar influências negativas ao meio ambiente (COELHO e OR, 1999). Por esse motivo surgem os métodos de irrigação localizados que visam uma maior eficiência no uso dos recursos hídricos. Esse método é caracterizado pela aplicação da água próximo ao sistema radicular, em baixa pressão e vazão, com alta frequência. São sistemas fixos, pressurizados, que permitem total automação, e por isso, ainda que sejam energeticamente mais econômicos, seu custo de implantação é mais elevado, quando comparado a outros métodos (SENAR, 2019).

Neste contexto, a irrigação por gotejamento é o método de irrigação que apresenta melhores condições para atender esta crescente necessidade de uso adequado dos recursos hídricos, uma vez

que proporciona maiores produtividades e melhor qualidade dos produtos, através da aplicação localizada de água.

A cultura escolhida para este estudo foi o milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo; apresenta importância econômica e social, sendo empregado na alimentação humana, animal e seus grãos podem ser consumidos na forma de grãos secos e verdes. Este último é mais conhecido como milho verde e possui maior valor agregado de venda (CONAB, 2018).

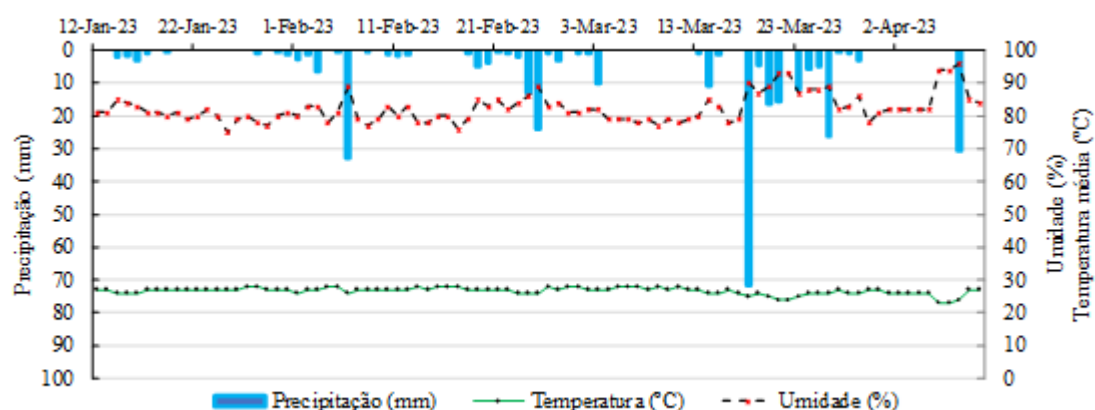
O objetivo deste trabalho foi comparar e avaliar o desenvolvimento do milho em dois sistemas de irrigação localizados (Gotejamento superficial - GSup) e (Gotejamento subterrâneo - GSub)) com valores distintos de lâminas de irrigação aplicadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Vitrine Agroecológica do Instituto Federal de Sergipe, |Campus São Cristóvão. A área experimental está localizada a 23 m de altitude, coordenadas UTM 24 L 698178, 8792792. Segundo classificação original de Köppen, o município apresenta clima do tipo "As" (quente e úmido com chuvas de inverno), as precipitações e as temperaturas médias anuais são respectivamente, de 1473 mm e 25,8 °C. As condições térmicas e de umidade relativa do ar nos períodos experimentais, encontram-se descritas na Figura 1.

Figura 1. Dados climáticas do local de estudo para o período estudado.



O solo da área é classificado como um Vertissolo Ebânico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006). Para análise de fertilidade do solo foram coletadas amostras compostas nas profundidades de 0 a 0,30 m, colocadas em sacos plásticos e encaminhadas para o

Instituto Tecnológico e de Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS), seguindo as recomendações da Embrapa. Na (Tabela 1) constam as características químicas do solo da área estudada.

Tabela 1. Características químicas do solo na área de estudo

Profundidade	ph	P	M.O.	H ⁺ Al ³⁺	Al ³⁺	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V
(cm)	Ca cl ₂	mg dm ³	g dm ³				cmolc dm ³				%
(0-20)	6.7	3.9	26.7	1.82	<0,08	0.32	9.63	4.77	15.1	16.9	89.4
(0-40)	6.6	2.7	21	2.03	<0,08	0.35	9.85	5.15	15.8	17.8	88.8

2.2 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para realização do experimento foi construído um projeto de irrigação numa área de 200 m² (10 x 20m) com quatro linhas de gotejo superficial (GSup) e quatro linhas de gotejo subterrâneo (GSub) com 18 metros (Figura 2), utilizando fita gotejadora da Netafin do tipo FNPC080204QP (diâmetro nominal 16 mm, espessura 8 mm), com espaçamento de 20 cm entre gotejadores, pressão de serviço de 7 m.c.a. e vazão de 3,2 litros por hora. Sendo abastecidos com água tratada de duas caixas de 1000 litros, a água era conduzida até a área por gravidade. Cada linha de irrigação era provida de registro para controle do volume de água e tempo de irrigação. Para as linhas de irrigação subterrâneas as mangueiras do tipo FNPC080204QP foram enterradas na profundidade de 15 cm.



Figura 2. Imagens do local de implantação do projeto. Preparo do solo na área (A), montagem da linha principal de irrigação (B), introdução das linhas de gotejo (C) e sistema em funcionamento (D).

Foi deixada uma linha entre os tratamentos, para não haver interferências nos resultados, uma vez que a faixa molhada formada pelos tubos gotejadores poderia atingir a linha subsequente. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), disposto em esquema fatorial (2x4) com 3 repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois tipos de irrigação por gotejamento (subterrâneo e superficial) e quatro lâminas de irrigação (50% ETo, 75% ETo, 100% ETo e 125% ETo), totalizando 8 tratamentos e 24 parcelas experimentais (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos tratamentos das parcelas do experimento

Tratamentos	Estratégia de aplicação
T1	50% ETo + Gotejo Subterrâneo
T2	75% ETo + Gotejo Subterrâneo
T3	100% ETo + Gotejo Subterrâneo
T4	125% ETo + Gotejo Subterrâneo
T5	50% ETo + Gotejo Superficial
T6	75% ETo + Gotejo Superficial
T7	100% ETo + Gotejo Superficial
T8	125% ETo + Gotejo Superficial

2.3 TESTE DE UNIFORMIDADE DO SISTEMA E MONITORAMENTO DA UMIDADE

Antes do funcionamento do sistema foi realizado um teste de uniformidade de distribuição de água do sistema de gotejamento utilizando a metodologia de Keller & Karmeli (1974). Assim, foi avaliado a uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação por gotejamento, utilizando 24 gotejadores, sendo feitas avaliações em todas as linhas laterais, observando o primeiro emissor, o segundo localizado a 1/3, o terceiro a 2/3 do início e o último emissor da linha. A determinação da vazão foi realizada por meio da coleta com recipientes do volume de água aplicado pelo emissor durante o período de 1 minuto, e medição do volume por meio de uma proveta graduada.

De posse dos dados coletados, foram calculadas as respectivas vazões e posteriormente determinado o coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC (Equação 1);

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right] \quad (2)$$

Em que:

CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen;

n: Número de observações;

X_i : Lâmina de água coletada no i -ésimo ponto sobre a superfície do solo;

X : Lâmina média aplicada

2.4 PLANTIO E MANEJO DO CULTIVO

Para o experimento foi utilizado a variedade Cativerde 02, com pureza de 98% e germinação de 85%, plantado em linha utilizando duas sementes por berço no dia 12 de janeiro de 2023, num espaçamento de 0,2 x 1,2. Após a germinação foi realizado o desbaste deixando uma planta por berço e para garantir uma melhor germinação toda a área recebeu a mesma lâmina de irrigação até os 21 dias. Aos 15 dias de plantio foi realizada uma adubação com esterco de caprino utilizando-se de 660 g por metro linear correspondendo a 6.600 kg ha⁻¹. Já aos 36 dias de plantio foi realizada uma adubação com torta de mamona utilizando-se 220 gramas por metro linear correspondendo a 2.222 kg ha⁻¹. Também foi realizada duas roçagens nas entrelinhas e 4 capinas manuais, sendo que o material vegetal produzido foi utilizado para cobrir as linhas de plantio para evitar o crescimento de plantas espontâneas. Antes do dia da semeadura foi feita irrigação para umedecer uma profundidade de solo até a capacidade de campo, pois logo após o plantio, a semente necessita de umidade no solo para iniciar o processo de germinação, emergência e desenvolvimento.

2.5 MANEJO DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO

Para que as diferentes lâminas de irrigação não afetassem a taxa de germinação e compromettesse os tratamentos, foi aplicado o mesmo volume de água para toda a área até o dia 02/02/2023. A partir desse momento foi iniciada a aplicação dos tratamentos, com quatro lâminas de irrigação (50%, 75%, 100% e 125% da evaporação do Tanque Classe A). As lâminas de água aplicadas foram calculadas através do balanço entre a evaporação do Tanque Classe A (ECA) e as precipitações ocorridas no período entre duas irrigações consecutivas. Esse método consiste na utilização de um tanque de evaporação direta, cheio de água, onde são feitas medidas, em milímetros, da água evaporada entre uma leitura e outra. A lâmina evaporada, medida pelo tanque, é multiplicada por um coeficiente do tanque (K_p), para que obtenhamos a evapotranspiração neste estudo foi utilizado o valor padrão de 0,75. Durante o desenvolvimento do experimento foram utilizados dois valores distintos para o K_c 0,5 e 1,15 segundo manual da FAO 56 (ALLEN et al., 1998).

A lâmina de irrigação e tempo de irrigação foi calculado em planilha utilizando as seguintes equações:

$$ET_o = ECA \times K_p \quad \text{eq. 2}$$

Onde:

ET_o = evaporação de referência (mm d^{-1})

ECA = Evaporação do tanque Classe “A” (mm)

K_p = Coeficiente do tanque

$$ETP_c = ET_o \times k_c \quad \text{eq. 3}$$

Onde:

ETP_c = evaporação do cultivo (mm d^{-1})

ET_o = evaporação de referência (mm d^{-1})

K_c = Coeficiente do cultivo

2.6 VARIÁVEIS AVALIADAS

Aos 21 dias após a germinação (DIG) do milho, procedeu-se a análise da germinação, desenvolvimento das plantas e produção. Foram realizadas 4 avaliações durante todo o ciclo com intervalos de 7 dias para as seguintes características altura das plantas (AP) e número de folhas (NF). Quando as espigas estavam no estado de grãos leitoso apresentando de 70% a 80% de umidade foram avaliados o comprimento das espigas (TE), peso das espigas (PE). Também foram realizadas avaliações semanais da umidade do solo (US) em cada parcela nas profundidades de 0 a 0,15 e 0,15 a 0,30 m.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DA ÁGUA E UMIDADE DO SOLO

Foi observada uma aplicação média de 3 L de água por hora para cada gotejador resultado muito próximo do definido pelo fabricante que é 3,2 litros por hora. O valor encontrado para o coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC = 88,63%, foi classificado como “bom”, isso indica que o sistema de irrigação apresentou boa uniformidade de aplicação da água na área experimental (Mantovani, 2001). Na Tabela 3 é possível observar os dados de umidade média à base de porcentagem (%) nos diferentes tratamentos e datas distintas. Os teores médios de Us encontrados nos diferentes sistemas variaram de 20,2 a 24,6 e 20,2 a 26,2 na camada de 0 -15 cm no sistema de irrigação subsuperficial e superficial respectivamente. Na camada de 15 a 30 cm foram encontrados valores médios que variaram de 18,3 a 24,5 e 19,3 a 25,8 no sistema de irrigação subsuperficial e superficial respectivamente.

Tabela 3. Resultado médio para umidade do solo nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm nos sistemas de gotejo subterrâneo e superficial

Profundidade	Sistema	Tratamento	Umidade Média do Solo (%)				
			3/2/2023	17/2/2023	2/3/2023	15/3/2023	30/3/2023
0-15 cm	Gsub	50Eto	24.1	21.5	21.5	24.1	24.6
		75Eto	23.1	20.7	20.7	23.1	23.2
		100Eto	21.5	21.0	20.5	21.5	23.5
		125Eto	24.4	20.8	20.2	24.4	22.4
0-15 cm	Gsup	50Eto	22.4	21.0	21.2	22.4	24.3
		75Eto	23.4	21.4	20.2	23.4	26.2
		100Eto	25.2	23.1	22.2	25.2	25.2
		125Eto	23.4	23.8	24.5	23.4	24.7
15-30 cm	Gsub	50Eto	22.5	23.8	24.5	23.4	24.7
		75Eto	22.5	21.4	20.2	22.5	21.2
		100Eto	19.7	21.6	20.3	19.7	21.5
		125Eto	21.6	18.3	20.8	21.6	20.4
15-30 cm	Gsup	50Eto	20.7	19.3	20.7	20.7	22.3
		75Eto	23.6	20.1	20.2	23.6	25.8
		100Eto	24.0	22.4	21.3	24.0	22.0
		125Eto	22.6	21.8	22.7	22.6	22.2

3.2 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVIDADE DO MILHO

No período de estudo foram aplicados 85,3, 127,9, 170,6 e 213,2 mm de água, por meio dos tratamentos 50% do ETo, 75% do ETo, 100% do ETo e 125% do ETo. As variações na lâmina total de água aplicada para os diferentes sistemas de irrigação provocaram diferenças no desenvolvimento da cultura do milho. As maiores alturas das plantas (AP) foram observadas com aplicação de 100% da ETo com valores médios de 171 cm aos 70 dias de plantio no sistema de gotejo subterrâneo. Os menores valores para AP, de 123 cm foram observados no tratamento com 125% da ETo no sistema por gotejo subterrâneo como podemos observar na Figura 3. Carlesso et al. (2000) conduziram manejo de irrigação com a cultura do milho a partir da evapotranspiração e alertaram para o fato de que pode ocorrer redução na capacidade produtiva sem ocorrência de sintomas externos de deficiência de água na cultura, ou redução quantitativa no crescimento das mesmas, constatando que a redução no número de irrigações e o incremento na lâmina de irrigação resulta em redução no rendimento.

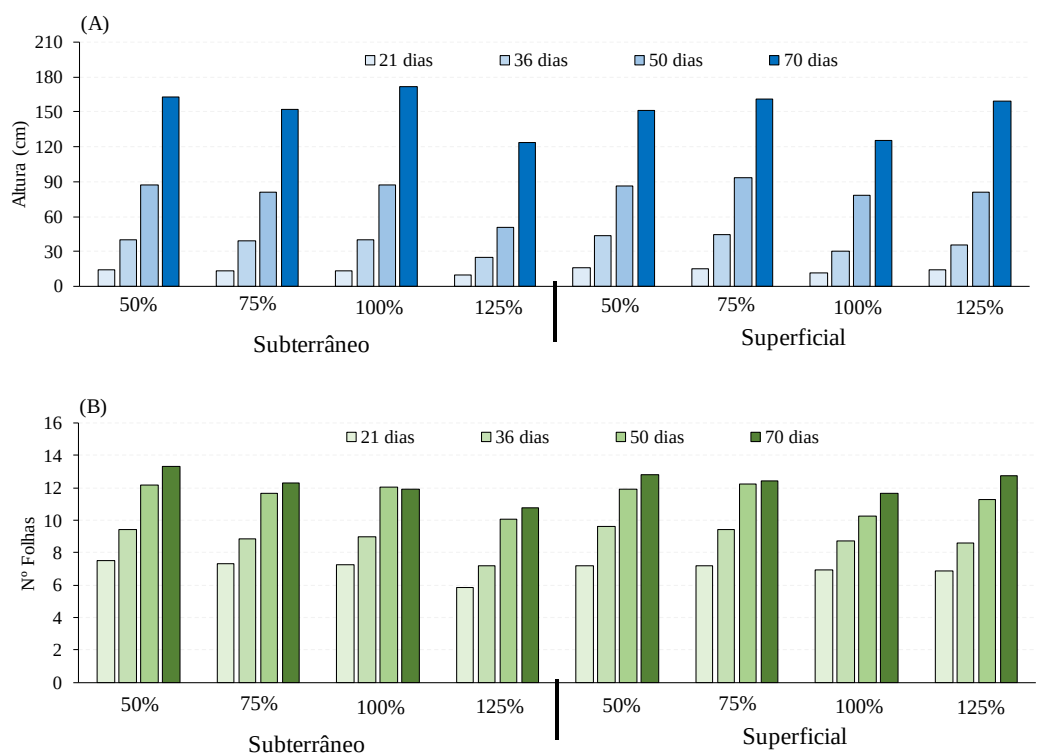


Figura 3. Desenvolvimento do milho para os diferentes tratamentos testados no método de irrigação por gotejamento, sistemas subterrâneo e superficial. (A) Altura das plantas, (B) Número de folhas

Podemos observar na tabela 4 que ocorreu diferença significativa entre os tipos de irrigação utilizados, sendo que o método subterrâneo apresentou comprimento e pesos da espiga superiores ao método superficial. Não foi possível observar diferença significativa quando comparadas as lâminas de irrigação e isso deve-se ao fato do grande volume de chuvas no período do experimento, totalizando 325,8 mm de chuva.

Tabela 4. Resultado médio e análise estatística para os sistemas de gotejo subterrâneo e superficial e as quatros lâminas de irrigação utilizada (teste de Tukey (p < 0,05),

Tipo	Comprimento Espiga	Peso da Espiga
Subterrâneo	16.30a	118.17a
Superficial	15.43b	102.23b
CV%	5,21	16,06
Lâminas		
50%ETo	16,10a	120,35a
75%ETo	15,60a	104,60a
100%ETo	16,11a	115,35a
125%ETo	15,66a	100,51a

Durante todo o ciclo de produção, a evapotranspiração de referência (ETo) totalizou 286,95 mm, enquanto a evapotranspiração da cultura (ETc) foi de 170,58 mm para um período de 88 dias, com lâmina de aplicação de: T4 e T7(50% Etc) = 85,3 mm, T3 e T5(75% Etc) = 127,9 mm, T2 e T8(100% Etc)

= 170,6 mm e T01 e T06(125% Etc) = 213,2 mm, com média de 3,26 e 1,93 mm dia, para ETo e ETc, respectivamente. Nesse período os maiores valores diários foram 15,9 mm para Eto e 7,95 mm para Etc dia (31 de janeiro de 2023).

Devido as chuvas no período do experimento, foi necessária a interrupção da irrigação por vários dias, a qual foi monitorada pelas leituras dos testes de umidades e pelos cálculos das lâminas efetuados pela planilha a precipitação, sendo suficiente para elevar a umidade do solo próximo à umidade de capacidade de campo. As informações referentes aos dados meteorológicos foram coletadas desde o plantio da cultura até a data da colheita, apresentando uma precipitação acumulada 325,8 mm e maior evento registrado aos 25 DAP (32,9 mm).

Para Garcia, (2003) no que diz respeito à produtividade, diversas comparações foram feitas entre gotejamento subsuperficial e outros sistemas de irrigação. Na maioria dos casos, o gotejamento subsuperficial apresentou valores maiores ou iguais aos outros sistemas de irrigação. Phene et al, (1992) observaram que a produção de algodão foi maior com gotejamento subsuperficial do que com irrigação por sulcos para solo siltoso, porém, não foi maior no caso de solo arenoso. A produção de hortaliças irrigadas através de gotejamento subsuperficial é em muitos casos maior ou igual à produção de hortaliças irrigadas por outros sistemas de irrigação (Camp, 1998). Quando comparado com gotejamento superficial, o subsuperficial tem dado maiores produções com milho doce em Israel e na Califórnia (Bar-Yosef et al., 1989).

4. CONCLUSÕES

1. Os sistemas de irrigação implantados possuem uma boa uniformidade de aplicação.
2. Foi possível concluir que o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (subterrâneo) proporcionou melhor desenvolvimento das espigas comparado ao superficial
3. Os grandes volumes de chuva causaram interferência nas diferentes lâminas de irrigação aplicadas ocasionando uma homogeneidade entre os tratamentos.
4. A irrigação por gotejamento é uma tecnologia que permite maior controle sobre a quantidade de água aplicada, melhorando a eficiência de seu uso na agricultura irrigada. Entretanto, apesar das inúmeras vantagens associadas à irrigação por gotejamento, a sua implantação muitas vezes é limitada pelo elevado custo de implantação e manutenção.

5. Com relação ao manejo da irrigação, foi notado que os sistemas enterrados proporcionaram ascensão da água à zona de germinação das sementes, fator que deve ser considerado na escolha da profundidade de instalação das linhas.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M.; FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 56 Crop Evapotranspiration. FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

Roma, 1998.Associação Brasileira dos Produtores de Milho (Abramilho), acesso em janeiro/2023 <https://www.abramilho.org.br/>

ATLAS IRRIGAÇÃO, uso da água na agricultura irrigada, 2 ed, p 14, Brasília-DF, ANA, 2021.

BAR-YOSEF, B., SAGIV, B., MARKOVITCH. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorus fertirrigation. Agron. J., v.81, p.443-7, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS,2009.398p.Disponivelem:https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/insumosagropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras

------. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm. Acesso em 05 de jul. 2023.

------. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em 05 de jul. 2023.

------. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.Acesso em 05 de jul. 2023.Cadernos Tecnológicos, Produtor de milho / Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC, 2 ed, Fortaleza, Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004.

CAMP, C. R. Subsurface drip irrigation: a review. Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.), v.41, p. 1353-67, 1998.

CARDOSO, M.J.; MELO, F.B.; RIBEIRO, V.Q.; BASTOS, E.A. 2002. Produtividade de espigas verde de milho relacionada a níveis de nitrogênio, densidade de plantas e a irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31. Anais... Salvador: SBEA.

CARLESSO, R. et al. Manejo da irrigação do milho a partir da evapotranspiração máxima da cultura. Eng. Agric., Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 15-23, 2000.

COELHO, E.F; OR, D. Modelo de distribuição de água e de potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.3, p.225-234, 1999.

Coleção SENAR 251, Irrigação: manejo e gestão em sistema localizado, p 8, Senar – Brasília, 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2017/2018, Brasília, v. 9, n. 9, p. 1-178, jun. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>.

EMBRAPA, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2ed, Brasília, DF, 2006. acesso em: maio/2023 <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/338818> >

FAO. 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems of Risk. London, Earthscan/Rome, FAO. www.fao.org/nr/solaw/solaw-home/en/.

GARCIA, C. J. B. Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata com dois sistemas de plantio. 2003. 89f. Dissertação Mestrado. Universidade Estadual paulista "Julio de Mesquita Filho". Botucatu, SP.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle Irrigation Design Parameters. Transações da Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas, 17, 678-684. 1974.

----- . Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133 p. 1975.

MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV. 2001.

PHENE, C. J., TAR, W. R., CLARK, D. A. Real time irrigation scheduling of cotton with an automated pan evaporation system. Appl. Eng. Agric., v.8, p.787-93, 1992.

United Nations Educational , Scientific and Cultural Organization. Relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021. O valor da água, UNESCO, Colombella, Perúgia, Itália, 11p, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por, acesso em 07/07/2023.

Capítulo 8



10.37423/240108692

INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES DE LINHAGENS IRMÃS DE SOJA POR MEIO DE MODELOS MISTOS, GGE E AMMI

Taila Renata Neitzke

Universidade Federal do Tocantins

Reginaldo Rosa

Universidade Estadual de Maringá

Glauco Vieira Miranda

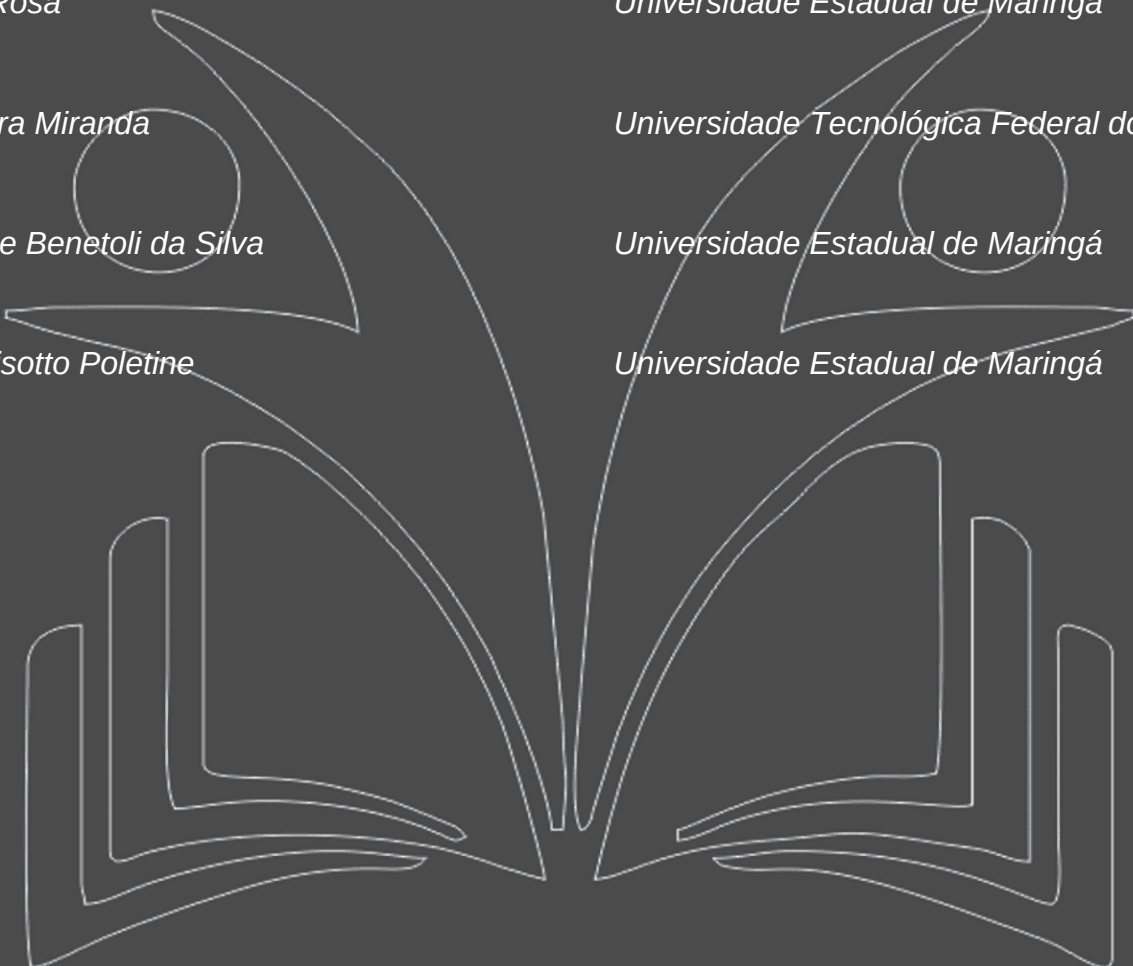
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Tiago Roque Benetoli da Silva

Universidade Estadual de Maringá

Juliana Parisotto Poletine

Universidade Estadual de Maringá



Abstract: The objective of this work was to evaluate sister lines of soybean from the same family and determine a high degree of relationship through different concepts of adaptability and stability. The trials were conducted at 10 locations in 2018 and 2019 in Paraná and São Paulo, Brazil. Six soybean sister lines from the same family and two cultivars were used as controls. Grain yield data were subjected to stability and adaptability analysis using the mixed model restricted maximum likelihood and best unbiased linear predictor with the harmonic mean of the relative performance of genetic values (HMRPGV) method, additive main effects, and multiplicative interaction analysis (AMMI) methods, and genotype and genotype by environment interaction (GGE) biplot. Genotype classification differed between the AMMI and GGE methods. The GGE method using the biplot plot allowed the identification of the INT60.23 IPRO line as the closest to the ideal cultivar. Using the HMRPGV method, the positive estimates of the genotypic effects and genotypes and environment interaction demonstrated the superiority of the INT60.23 IPRO line.

Keywords: Adaptability and stability; Genetic breeding; Glycine max (L.) Merrill.

INTRODUCTION

Soybean culture, owing to its production, productivity, and profitability, along with the availability of its adaptable, stable cultivars and globalized pricing, is of great economic importance to Brazil. Soybean breeding programs develop more productive, resistant, and stable cultivars adapted to different locations and regionalized by photoperiod because soybean plants are photosensitive (Borém et al. 2022). The interaction of genotypes and environment ($G \times E$) is fundamental for the positioning of cultivars (Miranda et al., 2021). The challenge of predicting the performance of cultivars in the face of environmental variation between years is always a highly relevant and current topic for science and agricultural production (Miranda et al., 2021). It has recurrently aroused the interest of researchers and the cause of several publications, such as Mushoriwa et al. (2022) with soybean, Kouke et al. (2022) and Abdelrahman et al. (2022) with rice, Bakare et al. (2022a) with cassava, Khan et al. (2022) and Gela et al. (2022) with cowpea, Katsenios et al. (2021), Crevelari et al. (2022) and Castro et al. (2022) with corn.

$G \times E$ interactions can be classified as simple or complex (Bianchi et al. 2020). When the interaction is simple, the most productive cultivars maintain superiority in all environments owing to the difference in genotypes in the environments. In the complex interaction, cultivars have superior performance in one environment but not in another, owing to the lack of correlation in the average performance of the genotypes between environments.

In the presence of the $G \times E$ interactions, adaptability and stability analyses were performed for cultivar positioning (Borém et al. 2021). While adaptability is the ability of a cultivar to take advantage of environmental variation, stability is its ability to remain constant during environmental variation.

Currently, multivariate and mixed-model methods have been applied more intensively to different species and traits under selection to interpret $G \times E$ interactions (Agahi et al., 2020; Evangelista et al. 2021; Katsenios et al. 2021; Abdelrahman et al. 2022). These methods allow additional inferences, such as the selection of specific cultivars for each location, stable cultivars in various locations, genotypes with wide adaptability, environmental improvement, and simultaneous selection for productivity, stability, and adaptability.

Among the multivariate and mixed model adaptability and stability methods, the main of them are: additive main effects and multiplicative interaction analysis (AMMI) (Gauch, 1988); genotype and genotypes by environments interaction (GGE) biplot (Yan et al. 2000); restricted maximum likelihood

and best unbiased linear predictor (REML/BLUP) with the harmonic mean of relative performance of genetic values (HMRPGV) method (Resende 2004).

The AMMI analysis combines additive components for the main effects of genotypes and environments and multiplicative components for the interaction effect in a single model and the matrix of the effects of the $G \times A$ interaction (Olivoto et al. 2019).

The GGE analysis uses an analysis for the graphic interpretation of the $G \times E$ interaction based on the Sites Regression model (Yan et al. 2000).

The HMRPGV method evaluates the significance of the effects of the matrix model by deviance analysis. It has the advantage of considering the genotypic effects as random, thus providing values of genotypic and non-phenotypic stability and adaptability, unlike other methods that do not provide it (Resende 2007).

The objective of this work was to evaluate sister lines of soybeans from the same family and a high degree of relationship through different concepts of adaptability and stability.

MATERIAL E METHODS

The crop and use value trials of the INT Genetica breeding program were conducted in the states of Paraná and São Paulo (SP) in 10 municipalities, and two harvests (2017/2018 and 2018/2019) are mandatory by Brazilian legislation. The experiments were carried out in Ponta Grossa (PG18 or 1 and PG19 or 2), Luiziana (LZ18 or 3 and LZ19 or 4), Guarapuava (GP18, 5, GP19, or 6), Cruzália, SP (CZ18 or 7 and CZ19 or 8), Nova Tebas (NT19 or 9), Mandaguaçu (MD18 or 10 and MD19 or 11), Palotina (PL18 or 12 and PL19 or 13), Janiópolis (JN18 or 14 and JN19 or 15), Campo Mourão (CM18 or 16), and Forest (FL18 or 17 and FL19 or 18).

Six experimental inbred lines were used from the same family with high relationship to study adaptability and stability of them. Further, two controls were used because they were common to the two years of evaluation, requirements for adaptability, and stability methods that require data balancing, such as AMMI and GGE. The lines were Lineage 1 (INT60.23 IPRO), lineage 2 (INT60.33 IPRO), lineage 3 (INT60.34 IPRO), lineage 4 (INT60.43 IPRO), lineage 5 (INT60.45 IPRO), and lineage 6 (INT 60.57 IPRO), and checks were DM6563 IPRO (7) and M6210 IPRO (8).

The trials were conducted in randomized blocks with three replications. The plots consisted of 4 rows 0.5 m apart and 5 m long, with a sowing density of 12 seeds/m. The useful area consisted of two central

lines, and the other two lines were embroidered and discarded during the mechanized harvest. Cultural treatments were based on those used in the region.

Individual analysis of variance (ANOVA) was performed for each trial, and the assumptions for joint analysis of variance considering genotype and environment random effects were evaluated.

After the significance of the interaction $G \times E$ in analysis of variance (ANOVA), the analysis of adaptability and stability was performed, mixed models REML/BLUP by the HMRPGV (Resende 2007), AMMI (Gauch 1988) and GGE biplot (Yan et al. 2000) using R software (R CORE Team 2021), Metan package (Olivoto and Lúcio 2020).

The AMMI analysis combines additive components for the main effects of genotypes and environments and multiplicative components for the interaction effect in a single model and the matrix of the effects of the $G \times E$ interaction was then displayed using Gabriel biplots (1971).

The average response of genotype i in environment j is given by

$$y_{ij} = \mu + G_i + E_j + k \sum \lambda_k a_{ik} t_{jk} + \rho_{ij} + \epsilon_{ij} \text{ where:}$$

μ is the constant inherent to all observations, being the adjusted general average;

G_i is the random effect of the adjusted genotype i ($i = 1, 2, \dots, g$ genotypes);

E_j is the random effect of environment j ($j=1,2,\dots$, an environment);

λ_k is the singular value for the k -th axis of the principal component;

a_{ik} is the i -th element of the k -th eigenvector of genotypes;

t_{jk} is the j -th element of the k -th eigenvector of environments.

ρ_{ij} is an additional residual if all k -PCAs are not considered, where $k = \min (G-1; E-1)$.

Cross-validation procedures were performed for the AMMI analysis and estimated with different numbers of multiplicative terms and stability indices (Olivoto and Lúcio 2020b). The choice of the number of multiplicative terms in the AMMI analysis was based on “Post descriptive success” and “Predictive success” (Olivoto et al. 2019). By definition, “Predictive success” implies making a priori statement about what will happen in the future and “Postdiscriptive success” implies making a statement about something that happened in the past. Cross-validation tests were used to assess the predictive success of the AMMI model members and the success of choosing the number of multiplicative terms in the AMMI analysis can be calculated (Olivoto et al. 2019).

The weighted average of absolute scores (WAAS) was used as a quantitative index of stability of cultivar in AMMI analysis (Olivoto et al. 2019). Other stability indices of cultivar were used such as

AMMI stability value and additive main effects and multiplicative interaction stability value (ASV); the sum of the absolute values of the interaction principal component axis (IPCA) and sums of the absolute value of the IPCA scores (SPIC) scores was considered for the mean of the squared eigenvectors (SE) and the absolute value of the relative contribution of IPCAs to the interaction (ZA) (Olivoto et al. 2019). The GGE analysis was performed according to Yan et al. (2000). To evaluate adaptability and productive stability using the GGE Biplot methodology, we calculated the genotypic means of the genotypes in each environment using the following model:

$$\bar{Y}_{ij} - \mu - E_j = G_i + GE_{ij} \text{ so,}$$

$\bar{Y}_{ij}$: the genotypic value of genotype i in environment j;

μ : the overall mean of the observations;

E_j : the main effect of environment j;

G_i : the main effect of genotype i;

GE_{ij} : the effect of the interaction between genotype i and environment

In the GGE Biplot analysis, only the effects of genotypes and the G x A interactions were considered, and the environmental effect was removed. Then, the model sums the effects of G from G x E, holding them together in two multiplicative terms, according to:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = g_{i1}e_{i1} + g_{i2}e_{i2} + \varepsilon_{ij} \text{ where,}$$

Y_{ij} : expected yield of genotype i in environment j;

μ : general average of observations;

β_j : main effect of environment j;

g_{i1} and e_{i1} : main scores of genotypes i and environment j, respectively;

g_{i2} and e_{i2} : secondary scores for genotype i and environment j, respectively;

ε_{ij} : residual not explained by both effects

The GGE Biplot plot occurs by the simple dispersion of g_{i1} and g_{i2} for genotypes and e_{i1} and e_{i2} for environments, by decomposing the singular value, according to the equation:

$$Y_{ij} - Y_j = \lambda_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1} + \lambda_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2} + \varepsilon_{ij} \text{ were,}$$

λ_1 and λ_2 : the largest eigenvalues of the first (PCA1) and second (PCA2) principal components, respectively;

ε_{i1} and ε_{i2} : the eigenvalues of genotype i for PCA1 and PCA2, respectively;

ρ_{j1} e ρ_{j2} : the eigenvalues of environment j for PCA1 and PCA2, respectively.

The analysis of mixed models using the REML/BLUP was performed following the HMRPGV method (Resende 2007).

The statistical model used in the data analysis was 4.2.4 Design in Complete Blocks with Interaction in several places – HMRPGV Method: Model 54, whose statistical model in matrix form corresponds to:

$$y = Xr + Zg + Wi + e$$

y is the data vector,

r is the vector of (fixed) repetition effects added to the general average,

g is the vector of genotypic (random) effects,

i is the vector of the effects of the interaction between genotypes × locations (random),

and e is the vector of errors or (random) residuals.

Capital letters in the equation represent the incidence matrices of the referred effects.

The significance of the model's effects was estimated using deviance analysis, a statistic derived from the ratio between the likelihood of the complete model and the model without the effect to be tested (reduced model). Statistical significance was determined using the chi-square test with a degree of freedom of 1 and 5% probability, as recommended by Resende (2007).

Genotypic stability values were obtained using the harmonic mean of the genotypic values (HMGV), the relative performance of the genotypic values (RPGV) was used, and the simultaneous evaluation of the adaptability, stability, and productivity was used as the harmonic mean of the relative performance of genotypic values (HMRPGV) for all genotypes according to the following equations:

$$HMGV = 1 / \sum_{j=1}^l (1/VG_j)$$

$$RPGV = (1/l) (\sum VG_j / M_j)$$

$$HMRPGV_i = 1 / \sum_{j=1}^l (1/RPGV_j)$$

where l is the number of locations, VG is the genotypic value, and j is the genotype.

The analyses were performed with Software R (<https://www.R-project.org/>), Metan package (Olivoto and Lúcio 2020).

RESULTS

ANOVA showed a significant difference between the genotypes at 5% probability by the F test in 10 of the 18 environments, indicating that the cultivars presented a similar performance in these 10 environments. Further, ANOVA was not very efficient for the interpretation performance of cultivars in various locations, with only 10 of 18 valid experiments (56%) for cultivar differentiation. In turn, the

joint ANOVA met the assumptions, and the $G \times E$ interaction was significant at 5% probability with a coefficient of variation of 8.1%, and none of them presented coefficients of variation below 12%.

The soybean genotypes presented an average of 4333 kg.ha⁻¹ with the highest yields of 2410 kg.ha⁻¹ of the INT60.57 IPRO line in Mandaguaçu 2019 (MD19) and 6370 kg.ha⁻¹ of the INT60.23 IPRO line in Ponta Grossa 2018 (PG18) (Table 1). The least productive environment was Mandaguaçu 2019, with 3322 kg.ha⁻¹, and the most productive was Ponta Grossa 2018, with 6147 kg.ha⁻¹. Only five of the 136 yields in Paraná were below 3000 kg.ha⁻¹, demonstrating the state's edaphoclimatic aptitude for soybean.

The INT60.23 IPRO line was significantly the most productive, with an average of 4657 kg.ha⁻¹ at 5% by Tukey's test in 10 environments with significant differences between them (Table 1). The INT60.33 IPRO and INT60.45 IPRO lines were statistically similar to the INT60.23 IPRO lines in eight of the 10 environments that differentiated the lines by Tukey's test at 5%. Regarding the controls, the INT60.23 IPRO line was superior to DM6563 IPRO and M6210IPRO in five environments out of 10 with significant genotypes by the 5% F test. These results showed the superiority of the INT60.23 IPRO lines over the others and commercial controls.

Table 1. Averages of grain yield (kg. ha⁻¹) of the six lines and two checks (T) in the 18 environments in the 2017/2018 and 2018/2019 harvests.

	INT60.23 IPRO	INT60.33 IPRO	INT60.34 IPRO	INT60.43 IPRO	INT60.45 IPRO	INT60.57 IPRO	DM6563 IPRO (T)	M6210 IPRO (T)
PG18*	6370	5057	4655	4473	4767	4585	4586	4372
PG1*	4905	6283	5724	6213	6240	6211	6083	6051
LU18	5734b	5699ab	5998a	5081bc	5861ab	6027a	4722c	5311ac
LU19*	4717	4541	4758	4205	4511	4651	4457	4982
GP18	4837b	5090a	4710ab	4752ab	4847ab	3987bc	4936a	3801c
GP19	4425a	4403a	4086ab	3487bc	4033ab	2812c	3987ab	4408a
CZ18*	3948	3562	3376	3300	3466	4016	3500	3512
CZ19	4426a	2895e	3427ce	4084abc	4369ab	3778abd	3519bcde	2904de

NT18	3438b	3643a	3376ab	2618b	3255ab	3597a	3438ab	3669a
MD18	5047a	5276a	5294a	4621ab	3845bc	3820bc	3725c	4968a
MD19	3547a	3764a	2986ab	3381 ^a	3487 ^a	2410b	3282ab	3717a
PL18*	4025	3558	3765	3483	3398	3416	3975	3653
PL19*	4705	4683	4561	4604	5332	4794	4754	4393
JN18	4540ab	4715a	4800a	4574 ^a	3686bcd	3089d	3537cd	4090ac
JN19*	4327	4356	4135	3834	4258	4196	3706	4260
CM18	5522a	4863ab	5246ab	5021ab	5168ab	5335ab	4752ab	4580b
FL18	5107a	3447b	3627b	5073 ^a	4879 ^a	3971b	3694b	3555b
FL19*	3785	4292	4162	3834	4361	3849	3827	4152
Mean	4634	4451	4371	4258	4431	4141	4138	4243

* Experiment without significance difference by F-Test at 5%

+ Ponta Grossa (PG18 and PG19), Luiziana (LZ18 and LZ19), Guarapuava (GP18 and GP19), Cruzália, SP (CZ18 and CZ19), Nova Tebas (NT19), Mandaguaçu (MD18 and MD19), Palotina (PL18 and PL19), Janiópolis (JN18 and JN19), Campo Mourão (CM18) and Floresta (FL18 and FL19).

The AMMI method combines the benefits of factor analysis in bringing them together without the need for a prior understanding of the data with the orthogonal decomposition of ANOVA in a single method to study cultivar stability (Olivoto and Lúcio 2020). This method uses additive ANOVA to the main factors (genotype and environment) and decomposition by singular values to the residual of the additive model, that is, the effect of the $G \times E$ interaction added to the experimental error (Olivoto and Lúcio 2020).

The AMMI analysis showed the significance of environmental effects, genotypes, and the $G \times E$ interaction, and all the main components were significant, with the first having 43.4% of the variation, the second 24.6%, and the third 14.3 %. The other four main components were also significant, with

17.8% of the variations. The different AMMI models were in agreement with the number of multiplicative terms considered and could be used to predict the productivity of genotype i in environment j . In the AMMI0 model, only the additive effects are considered; in the AMMI1 model, the first multiplicative term is considered, and so on, until the AMMIF model with seven terms and other analyses need to be applied, not showing the complete data adequacy by AMMI analysis. Thus, the choice of the number of multiplicative terms to be used was based on “Postdiscrutive success” and “Predictive success” (Olivoto et al. 2019).

Cross-validation tests were used to assess the predictive success of the AMMI model members (Olivoto et al. 2019). The AMMI3 model with three multiplicative terms was the most accurate because it presented the lowest mean root mean square of the prediction difference and was used to estimate the grain yield.

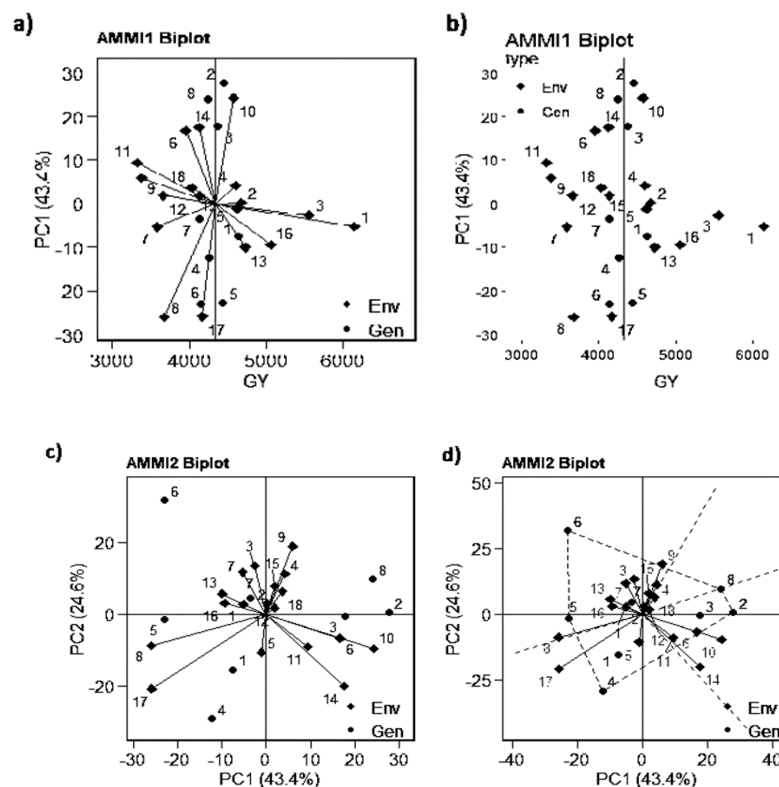
The average superiority of the INT60.23 IPRO line of 6.93% with the overall average of the experiments is represented by the highest absolute values in seven environments based on the averages predicted by the AMMI3 model. The INT60.33 IPRO line was superior in six other environments, the INT60.57 IPRO lines in two environments, and the INT60.43 IPRO and INT60.45 IPRO lines in two environments (data not shown).

The different stability indices of the AMMI analysis, ASV, IPCA, SPIC, SE, ZA, and WAAS classified the INT60.23 IPRO line as the first or second cultivar with greater stability. The INT60.33 IPRO and M 6210 IPRO lines were classified as the most unstable, and the other lines were classified as intermediate to extreme conditions.

The PC1 $\times$ GY biplot plot (first principal component $\times$ productivity) was used to identify both the stability and productivity of genotypes, such as the INT60.23 IPRO (1) and the DM6563 IPRO (7) control, with scores of PC1 close to zero, that were considered the most stable. The genotypes further to the right of the vertical line have higher productivity than the general average, such as the lines INT60.23 IPRO (1) and INT60.33 IPRO (2) (Figure 1, graphs “a” and “b”). Thus, the INT60.33 IPRO (2) and INT60.45 IPRO (5) lines were productive but not stable because of their greater distance from the origin of the graph. The PC1 $\times$ PC2 AMMI biplot plots represent the first two PCAs from the singular value decomposition of the interaction effects matrix (Figure 1, plots “c” and “d”). The first two PCAs explained 68.1% of the sum of squares of the genotype $\times$ environment interaction. Markers close to zero, that is, those with low scores, are typical of genotypes or environments that contribute little to the G $\times$ E interaction, characterizing themselves as stable. Thus, DM6563 IPRO (7) and INT60.23 IPRO

(1) were the most stable, and the environments that least differentiated the cultivars were Floresta (18), Luiziana (4), Janiópolis (15), Ponta Grossa (2), and Guarapuava (5), according to the AMMI methodology by interpreting the biplot graph (Figure 1, graphs “c” and “d”).

Figure 1. Graphs of PC1 x GY (“a” and “b”) and principal components (“c” and “d”) of the AMMI analysis representing: (a) genotype stability; (b) productivity in kg.ha⁻¹ (GY) of genotypes (Gen) and environments (Env); c) Environment vectors in the main components PC1 x PC2; d) Mega environments formed by the dashed lines. The round markers represent the cultivars INT60.23 IPRO (1), INT60.33 IPRO (2), INT60.34 IPRO (3), INT60.43 IPRO (4), INT60.45 IPRO (5), INT 60.57 IPRO (6), DM6563 IPRO (7) e M6210 IPRO (8). The diamond markers represent the environments: Ponta Grossa (1 and 2), Luiziana (3 and 4), Guarapuava (5 and 6), Cruzália, SP (7 and 8), Nova Tebas (9), Mandaguaçu (10 and 11), Palotina (12 and 13), Janiópolis (14 and 15), Campo Mourão (16) and Floresta (17 e 18).



Fonte: Reginaldo Rosa (2022).

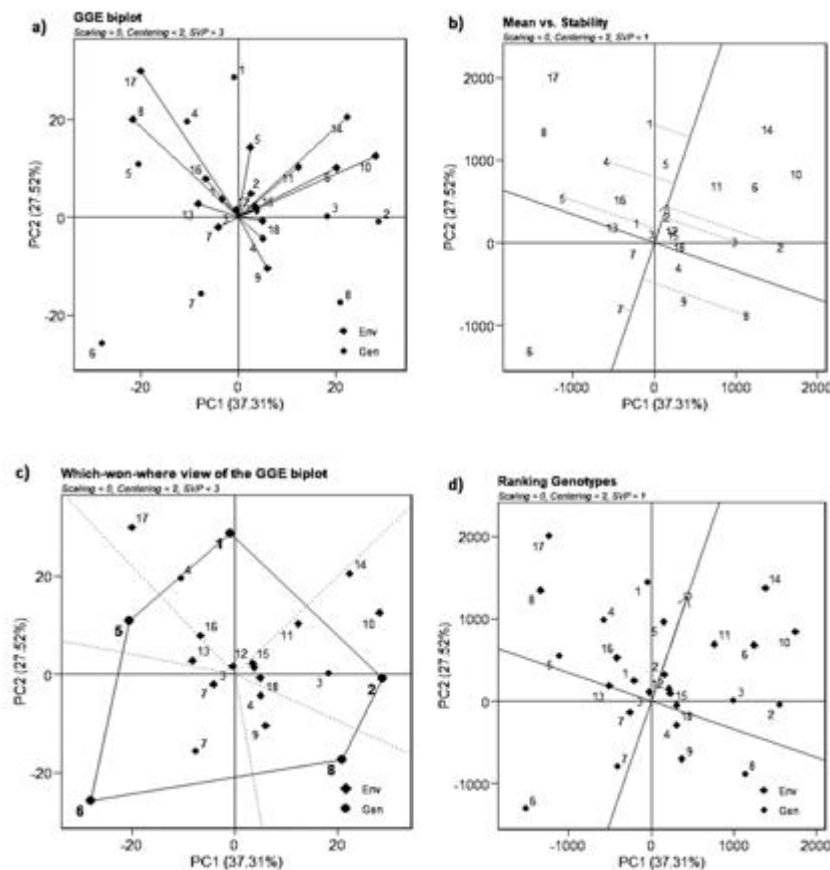
The vectors of the environments are drawn from the graph origin to the endpoints determined by their scores (Figure 1, graph “c”). The cosine of the angle between environmental vectors indicates the approximate linear correlation between them (Olivoto et al. 2019). Thus, an angle of 0° (collinear markers) indicated a +1 correlation, suggesting a high correlation for the Guarapuava (6) and Mandaguaçu (10) environments. An angle of 90° or -90° (perpendicular) indicates zero correlation,

indicating independence between them as Nova Tebas (9) with Mandaguaçu (10), Guarapuava (6), Floresta (17), and Janiópolis (14). The 180° angle between the vectors indicates a correlation of -1 with Palotina (13) and Mandaguaçu (10). Angles between the vectors less than 90° and greater than 270° indicate the existence of a positive response of the genotype to these environments, such as the Guarapuava (6) and Mandaguaçu (10) environments with Mandaguaçu (11) and Janiópolis (14). Environments with negative responses are indicated by angles between 90° and 270° , such as Mandaguaçu (10) with Floresta (17) and Cruzália, SP (8).

The length of a marker vector or the distance from the origin is related to the variance associated with it and, therefore, the environments with the highest variances were Cruzália, SP (8), Floresta (17), Janiópolis (14), and Mandaguaçu (10), as well as the INT 60.57 IPRO (6), INT60.43 IPRO (4), and INT60.33 IPRO (2) lines (Figure 1, graph “c”). The genotypes closest to the origin of the axes showed the smallest variances, with DM6563 IPRO (7) and INT60.23 IPRO (1), being the most stable ones. Between them, indicating similarity and dissimilarity between genotypes or between environments, consisting of graphically visualized environmental stratification (Figure 1, graph “c and d”). Thus, Cruzália, SP (8), and Floresta (17) were more similar and dissimilar in relation to Janiópolis (14), Mandaguaçu (10), and INT 60.57 IPRO (6), which are more dissimilar in relation to the other lines (Figure 2).

For each pair of genotypes and environments in the same quadrant of the graph, the signs of the scores of the same sign interact positively, evidencing an adaptive synergism to be used in the positioning of the cultivar as INT60.23 IPRO (1) and INT60.43 IPRO (4) and Cruzália, SP (8) and Floresta (17) (Figure 1 “c” and “d”). The inverse is also true, that is, those pairs of genotypes and environments with opposite signs interact negatively, suggesting a certain degree of antagonism, an unfavorable combination of genotype and environment as the genotypes INT60.33 IPRO (2) and M6210 IPRO (8) and the Cruzália, SP (8) and Floresta (17) environments (Figure 1 “c” and “d”).

Figure 2. Biplot graphs a) GGE PC1 x PC2 with the distribution of genotypes (gen) and environments (env) that contributed most to each main component; b) GGE performance x stability with the projection of genotypes in the medium environment; c) GGE of the most responsive genotypes and some environments represented in each ME; d) GGE with the positioning of genotypes and environments in relation to the ideal genotype (arrowhead).



Fonte: Reginaldo Rosa (2002).

If the markers for genotypes and environments are arranged along the bisector line of the odd quadrants, that is, 45° with the abscissa axis, the use of a linear regression model is recommended, for example, that of Eberhart and Russell (1966). However, as happened here, when the points are dispersed in the biplot, no simplified model would conveniently adjust the behavior of the genotypes; therefore, the AMMI analysis proves to be appropriate (Gauch 1988).

In the AMMI analysis, a mega environment (ME) is represented in the graph by polygons delimited by dotted lines, and the environments that compose it are within this limit (Figure 1, graph "d"):

ME1 (PC1 positive): Janiópolis (14), Mandaguaçu (11), Guarapuava (6), and Mandaguaçu (10);
ME2 (PC1 positive): Luiziana (4) and Floresta (18);

ME3 (PC1 negative): Campo Mourão (16), Ponta Grossa (1), Palotina (13), Cruzália, SP (7), Luiziana (3), Ponta Grossa (2), Janiópolis (15), Cruzália, SP (8), and New Thebes (9);

ME4(PC1negative):Pallottine(12);

ME5 (PC1 negative): Guarapuava (5) and Floresta (17);

The MEs formed by the AMMI analysis did not show a relationship with the locations and years in which the experiments were conducted. In each ME, it is possible to identify the most responsive genotypes that are located in the vortexes of the polygons for ME1: the INT60.33 IPRO line; for ME2: the check M6210 IPRO; for ME3: the INT60.57 IPRO line where Ponta Grossa (2), Luiziana (3), Campo Mourão (16), Ponta Grossa (1), and Palotina (13), more productive environments were included; for ME4: the INT60.45 IPRO line; and for ME5: the INT60.43 IPRO line.

The genotypes close to the origin of the axes of the graph show wide adaptation to environments, such as the INT60.23 IPRO lines (Figure 1, graph “d”). The INT 60.57 IPRO (6), M6210 IPRO (8), and INT60.43 IPRO (4) lines had the lowest yields, as demonstrated by their positions far from the environmental markers, reflecting their low performance in all environments.

In the search of a productive and stable genotype in environments that facilitate this identification, it was found that the Mandaguaçu (10) and Guarapuava (6) environments were the most suitable, as they had a considerable score for PC1 and low score for PC2 among the other environments (Figure 1, graph “c”). For genotypes, the INT60.33 IPRO (2) line had the best position with high PC1 score and close to zero PC2.

Based on the estimated values, the lines with the highest mean in most environments were INT60.23 IPRO (1) and INT60.33 IPRO (2). The INT60.23 IPRO line presented the highest productivity averages for the Ponta Grossa (1 and 2), Luiziana (3), Guarapuava (5), Campo Mourão (16), and Floresta (17) environments, and the INT60.33 IPRO lines for the Guarapuava (6), Mandaguaçu (10 and 11), Palotina (12), Janiópolis (14 and 15), and Floresta (18) environments. The pairs of environments in Ponta Grossa (1 and 2), Mandaguaçu (10 and 11), and Janiópolis (14 and 15) were the only places in the 2 years in which the same line was superior.

In the GGE biplot plot, the environments and genotypes with the most positive scores for principal components 1 or 2 were those that contributed most to the variation capitalized by them (64.83%) (Figure 2, “a”). Therefore, the INT60.33 IPRO line (2) and the Mandaguaçu (10), Janiópolis (14), Guarapuava (6), and Mandaguaçu (11) environments contributed the most to PC1, and the INT60.23

I PRO line (1) and the Floresta (17) and Cruzália, SP (8) environments contributed the most to PC2, agreeing with their highest averages in 13 of the 18 environments.

In the performance x stability biplot of the genotypes, the visualization of the mean and the stability of the genotypes were obtained with a coordinate representing the average environment identified (AEI) by the arrow on the graph in the biplot next to the Ponta Grossa (2) marker (Figure 2 “b”) (Yan et al. 2007). The line that passes through the origin of the biplot and the AEI is the abscissa and corresponds to the mean of the genotypes. Projections of genotypic markers on this axis approximated the average productivity of the genotypes. Thus, the line INT60.23 I PRO (1) with 4531 kg ha⁻¹ was the most productive, followed by INT60.43 I PRO (4) with 4443 kg ha⁻¹, and INT60.33 I PRO (2) with 4401 kg ha⁻¹ (Figure 2 “b”).

The AEI coordinate is the line that passes through the biplot origin and is perpendicular to the AEI abscissa. The AEI coordinate should approximate the G × E interaction associated with each genotype, which is a measure of variability or instability of genotypes (Yan et al. 2007). Smaller the projection on the AEI coordinate means greater stability regardless of the direction. DM6563 I PRO (7) and INT60.23 I PRO (1) were the most stable, while INT60.33 I PRO (2), INT60.45 I PRO (5), M6210 (8), and INT 60.57 I PRO (6) lines were the most stable and the others were the most unstable (Figure 2 “b”).

By the graphical analysis of the biplot, the MEs are represented by the environments that are in the area delimited by the dotted lines, and the genotype that is at the end of the polygon for each ME is the most responsive (Figure 2 “c”).

Thus, MEs are formed in the following environments:

ME1: Ponta Grossa (1 and 2), Luiziana (3), Guarapuava (5), Floresta (17), and Campo Mourão (16);

E2: Guarapuava (6), Janiópolis (14), Mandaguaçu (10 and 11), Palotina (12), Janiópolis (15), and Floresta (18);

ME3: Cruzália, SP (8), and Palotina (13);

ME4: Cruzália, SP (7);

ME5: Louisiana (4) and Nova Tebas (9).

The INT60.23 I PRO line was the most responsive to ME1, the INT60.33 I PRO line (2) to ME2, the INT60.45 I PRO line (5) to ME3, the INT60.57 I PRO line (6) to only Cruzália, and SP (7) and M6210 (8) to ME5.

All genotypes were compared simultaneously using the GGE biplot (Figure 2 “d”). In this biplot, all genotypes are compared with the ideal genotype that is defined as having the highest productivity in all environments. It is represented by the small circle with an arrow pointing to its coordinate in the graph. Thus, genotypes can be classified based on their distance from an ideal genotype (Yan et al. 2007). Therefore, the INT60.23 IPRO (1) line was the closest to the ideal, followed by the INT60.43 IPRO (4) line. The INT60.57 IPRO (6) line was farthest from the ideal genotype.

The deviance analysis of the mixed model REML/BLUP showed a significant effect of genotypes and G x E interaction by the likelihood ratio test (LRT) on grain yield ($LRT\chi^2 < 0.001$), indicating that the genotypes have genetic variability and there is an interaction of G x E.

The estimate of the genotypic variance was 19.91, variance of the GxA interaction was 125.54, residual variance was 123.09, and individual phenotypic variance was 268.54. The estimate of genetic variance is much lower than the estimates of the variance of the interaction G x E and environment, which provided heritability of the average of the genotypes (h^2_{mg}) of 68% and the individual heritability in the broad sense (h^2_g) of 7%. These percentages characterize that the cultivars with the highest yields are explained by their genotypes.

Accuracy is defined as the correlation between the genotypic values predicted from experimental data, and the true genotypic values are considered one of the most relevant parameters for evaluating the quality of experiments (Resende 2007). The value of genotype selection accuracy was 83%, indicating that genetic gain may occur.

In the joint analysis of environments, the mixed model methodology considers the standard deviation of the genotypes in each environment, penalizing genotypes whose values are high and generating high reliability in the methodology (Resende 2007).

The harmonic mean of genotypic values (HMGV) allows for selection based on stability and productivity. HMGV values are estimates of productivity discounted from instability, representing the most productive and stable genotypes (Resende 2007). The results of genotypic stability (HMGV) for grain yield showed that the superior lines were INT60.23 IPRO (1) and INT60.33 IPRO (2), owing to their higher values than other cultivars (Table 2).

Table 2. Genotypic values of grain yield (Y), stability of breeding values (HMGV), adaptability of breeding values (RPGV and RPGV_Y), and adaptability and stability (HMRPGV and HMRPGV_Y) by REM/BLUP.

Genotypes	Y kg ha ⁻¹	HMGV kg ha ⁻¹	RPGV	RPGV_Y kg ha ⁻¹	HMRPGV	HMRPGV_Y kg ha ⁻¹
INT60.23 IPRO (1)	4634	4500	1.07	4621	1.06	4611
INT60.33 IPRO (2)	4451	4302	1.03	4442	1.02	4418
INT60.34 IPRO (3)	4371	4226	1.01	4361	1.00	4348
INT60.43 IPRO (4)	4258	4118	0.98	4259	0.98	4236
INT60.45 IPRO (5)	4431	4290	1.02	4423	1.02	4405
INT 60.57 IPRO (6)	4141	3973	0.96	4138	0.95	4097
DM6563 IPRO (7)	4138	4050	0.96	4161	0.96	4148
M6210 IPRO (8)	4250	4140	0.98	4262	0.98	4238

Fonte: Reginaldo Rosa (2022).

The relative performance of the genotypic values (RPGV) demonstrates the adaptability of the genotypes, which is the response capacity of each genotype to the improvement of the environment and indicates the superiority of the genotype in relation to the average environment in which it is evaluated. Thus, the superiority of the INT60.23 IPRO (1) line was observed, followed by the INT60.33 IPRO (2) and INT60.45 IPRO (5) lines, with the highest estimates and their corresponding RPGV_Y transformed into kg ha⁻¹.

The HMRPGV method has the advantage of providing results on the scale and measurement of the evaluated character, which can be interpreted directly as genetic values. In other words, the HMRPGV estimate multiplied by the general average provides the predicted average of the genotype when planted in another environment considering the instability and capitalized by adaptability (Resende 2007). It provides a simultaneous selection for adaptability, stability, and productivity. The line with the highest estimate for HMRPGV was INT60.23 IPRO (1), followed by INT60.33 IPRO (2) and INT60.45 IPRO (5).

LIIC and LSIC values refer to the lower and upper limits of the confidence interval for genotypic effects, respectively (Table 3). It is necessary to observe the population size and the number of genotypes of the selected breeding program to select the genotypes using LSIC and LIIC (Resende 2007).

Table 3. Values of genotypic effects (BLUPg), predicted genotypic values ($VG = u + g$) and their lower (LIIC) and upper (LSIC) confidence intervals, values of G x A interaction effects (BLUPge), genotypic values ($Y = u + g + ge$) for grain yield in $kg\ ha^{-1}$ for the eight genotypes in 18 environments.

Genotypes	BLUPg	VG u+g	VG LIIC	VG LSIC	BLUP ge	Y u+g+ge
INT60.23 IPRO (1)	205	4538	4351	4726	72	4610
INT60.33 IPRO (2)	81	4414	4227	4601	28	4442
INT60.34 IPRO (3)	26	4359	4172	4547	9	4368
INT60.43 IPRO (4)	-52	4282	4095	4469	-18	4263
INT60.45 IPRO (5)	67	4400	4213	4587	23	4423
INT 60.57 IPRO (6)	-131	4202	4015	4390	-46	4156
DM6563 IPRO (7)	-134	4200	4013	4387	-47	4153
M6210 IPRO (8)	-62	4272	4085	4459	-22	4250

Fonte: Reginaldo Rosa (2022).

The positive estimates of the values of the genotypic effects and of the genotype $\times$ environment interaction demonstrated the superiority of the INT60.23 IPRO (1), INT60.33 IPRO (2), INT60.34 IPRO (3), and INT60.45 IPRO (5) lines (Table 3). However, the other lines and controls presented negative estimates for the estimated effects, demonstrating their inferiority compared to the other four.

DISCUSSION

ANOVA differentiated the cultivars in only 56% of the experiments. The average test revealed that the four lines with the highest productivity averages were different only in two environments. This demonstrates the limitation of ANOVA and testing of means in positioning elite genotypes when they are similar in a set of experiments in multiple locations, as is common in breeding programs.

In the AMMI multivariate analysis, the two main components captured 68% of the variance, a value commonly found by other authors working with different species and experimental sets (Katsenios et al. 2021).

The grouping of environments between the AMMI and GGE analyses was partial, with only the ME1 of AMMI being more similar to the ME2 of GGE, whereas the rest were organized differently. Despite

having similar methodological properties, the results differed between the AMMI and GGE analyses in most cases. The AMMI and GGE analyses were advantageous in explaining a considerable portion of the sum of squares of the $G \times E$ interaction, allowing THE easy graphical interpretation of statistical analysis results. The GGE analysis, as it incorporates the genotype effect and, in most cases, is highly correlated with the scores of the first principal component, has the advantage of allowing a direct graphical evaluation of the genotype effect. Neisse et al. (2018) highlighted that AMMI and GGE, despite their different approaches, are complementary in their results and that interpretation is limited when the first two principal components do not capture enough variation, as occurred in this study.

No practical relationship between the environments was observed in terms of location or year. The AMMI and GGE analyses do not characterize the productive potential of the environments, so the information obtained from the MEs can be applied to the following years for the positioning of the cultivars since the information on the interactions is only valid for the years under study.

The HMRPGV by REML/BLUP provided simultaneous selection for adaptability, stability, and productivity, simplifying the interpretation of the analysis results. The line identified as superior was INT60.23 IPRO, which presented the highest genotypic value and also the one that most capitalized on the genotype $\times$ environment interaction in the average genotypic value. The balanced data of the experimental set showed similar results with the other AMMI and GGE methods.

Among the advantages of HMRPGV, selection for adaptability and genotypic stability is applicable to unbalanced data and the heterogeneity of variances, providing results in the very magnitude of the character and allowing its use for any number of environments (Resende 2007). However, the HMRPGV does not have any statistics on the environment, although these environments do not have a relationship between years; thus, like the other analyses, we carried out a posteriori to obtain the data.

The positioning of the genotypes in the environments was partially coincident between the methods, not allowing a common direction when applying the four analyses to the lines interacting with different environments (Table 4).

Table 4. Classification of the superiority of the lines in the environments by ANOVA, AMMI, GGE, and HMRPGV methods

	HMRPGV methods			
	Anova	AMMI	GGE	MHPRVG
	Environments			
INT60.23 IPRO	3* 5 6 8 9 10 11 14 16 17	All	1, 5, 12, 16, 17	1, 6, 7, 8, 12, 15, 16, 17
INT60.33 IPRO	3 5 6 9 10 11 14 16	6, 10, 11, 14	2, 6, 10, 11, 14, 15, 18	2, 5, 9, 11, 14
INT60.34 IPRO	3 5 6 9 10 11 14 16	-	-	3, 10
INT60.43 IPRO	8 10 11 14 16 17	5, 17;	-	-
INT60.45 IPRO	3 5 6 8 9 11 16 17	12	8, 13	13,18
INT60.57 IPRO	3 9 16	1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 15, 16	3, 7	-
DM 6563 IPRO	5 6 9 11 16			
M 6210 IPRO	3 6 9 10 11 14	4, 18	4, 9	4

*Ponta Grossa (1 and 2), Luiziana (3 and 4), Guarapuava (5 and 6), Cruzália, SP (7 and 8), Nova Tebas (9), Mandaguaçu (10 and 11), Palotina (12 and 13), Janiópolis (14 and 15), Campo Mourão (16) and Floresta (17 e 18).

The positioning of the cultivars can only be better explained by applying the concepts of adaptability and stability. The concepts of adaptability by the AMMI and GGE methods use the formation of MEs, which comprise groups of environments. However, the joint analysis of the tests carried out in the same place in different years did not allow a practical conclusion on the environmental stratification of the North, West, and Center-South micro-regions of Paraná and Paranapanema, São Paulo, which were carried out in soybean macro-regions 201 and 103 delimited by the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply.

The environmental classification of the AMMI and GGE methods does not have any relationship with soil and climate zoning, as it is based on the productivity of the cultivars, which is dependent on the genotype, environment, and their interaction. However, it is also possible to verify that macroregions can be subdivided in the State of Paraná.

The classification of genotypes was different between the AMMI and GGE methods because they considered different concepts of adaptability. Both methods have two-dimensional biplots of the first two principal components; however, other components were also significant and disregarded in the preparation of the plots, which can alter the visual analyses of the positions of genotypes and environments that are fundamental for interpretation. This demonstrates the importance of installing trials continuously in all years and the significant interaction between genotypes $\times$ years rather than genotypes $\times$ locations.

The GGE method classified the genotypes in a more coincidental manner with ANOVA and HMRPGV because it considers the $G \times E$ interaction in the analysis of adaptability and stability, which was important in the variation of the data. The AMMI method presents an adaptability classification that differs from the other methods, as it includes only the main and multiplicative effects. Several authors have used AMMI and GGE methodologies to assist in cultivar positioning.

The INT60.23 IPRO line presented the highest genotypic value. It utilized most of the genotype $\times$ environment interaction by HMRPGV and was also considered stable by AMMI. Using the GGE method, INT60.23 IPRO was considered the closest to the ideal genotype and adapted to 10 environments in ANOVA (Table 4). The INT60.23 IPRO line was identified as suitable for Ponta Grossa (1), Palotina (12), Campo Mourão (16), and Floresta (17) using both the GGE and HMRPGV methods.

All environments of the MEs of the INT60.33 IPRO line from AMMI were included for the same line in the GGE, in addition to the environments Janiópolis (15), Ponta Grossa (2), and Floresta (18), three of which were also the most productive in ANOVA (Table 4).

The INT60.43 IPRO line was responsive to the AMMI for Guarapuava (5) and Floresta (17) and in several environments by ANOVA and was not classified by the GGE and HMRPGV for any environment.

The INT60.45 IPRO line was the most responsive in the ME of Palotina (12) of the AMMI, in Cruzália (8) and Palotina (13) of the GGE environments, in Palotina (13) and Floresta (18) of the HMRPGV, and different environments for ANOVA (Table 4).

The INT60.57 IPRO line was responsive to Luiziana (3) by ANOVA, AMMI, and GGE, as well as to Cruzália (7), and several other environments using the AMMI method (Table 4).

The check DM6563 only stood out for ANOVA and M6210 for Luiziana (4) in the three methods and different environments for ANOVA (Table 4).

Santos et al. (2019), working with a common bean, obtained the environmental classification by the GGE method to differentiate the cultivars and concluded that the selection of genotypes was consistent with the GGE and HMRPGV methods and that the understanding of the genotype by environment interaction allowed them to identify possible cultivars for release.

The best positioning of the cultivar will be rather than to identify the best cultivar and the environment should be better characterized for practical generalizations, regardless of the interpretation method of the $G \times E$ interaction. For example, Resende et al. (2021) worked with simulated data showing that environments can be optimized to improve productivity and positioning of cultivars, especially in the current scenario of dynamic climate change applying a new class of environmental markers, such as geographic and edaphoclimatic positioning information which are obtained at low cost, are increasingly available, and extrapolated between crops.

The HMRPGV method classifies the genotypes, based on adaptability and stability in the same unit of the variable under study, as productivity, thereby facilitating easier interpretation. In addition, it allows the use of unbalanced data that occur in breeding programs by selecting superior genotypes from one year to another. Owing to the limitations of AMMI and GGE analyses, one can cite the requirement of balanced data, the explanation of only a small portion of the total sum of squares G or $G + G \times E$, respectively, and the loss of the uncertainty measure, as a particular hypothesis cannot be calculated.

For future studies, analysis methods based on edaphoclimatic data will be able to add information to the traditional analyzes of the genotype x environment interaction with practical application.

CONCLUSIONS

The INT60.23 IPRO line stands out from the others regarding productivity, adaptability, and stability. The environmental classification of the AMMI and GGE methods did not have any relationship with edaphoclimatic zoning.

The HMRPGV method considers environments more uniformly in identifying genotypes with broad stability and shows results similar to those of GGE and AMMI methods.

The adaptability and stability analysis methods should also be chosen to interpret environments to approach a practical classification for cultivar positioning.

REFERENCES

- AGAHI, K., et al. Analysis of genotype $\times$ environment interaction for seed yield in spring oilseed rape using the AMMI model. *Crop Breed. Appl. Biotechnol*, New York, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n1a2>
- BAKARE, M.A., et al. Parsimonious genotype by environment interaction covariance models for cassava (*Manihot esculenta*). *Front. Plant Science*, v. 20, n. 13, p. 118, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.978248>
- BIANCHI, M.C., et al. Heritability and the genotype $\times$ environment interaction in soybean. *Agrosyst Geosci Environ*, v. 3, p. 1-10, 2020 <https://doi.org/10.1002/agg2.20020>
- BORÉM, et al. Soja: do plantio à colheita. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.
- BORÉM, A., MIRANDA, G.V. and NETO FRITSCH, R. Melhoramento de Plantas. 8ª ed. São Paulo: Editora Oficina do Texto, 2021.
- CASTRO, C.R., et al. Adaptability and stability analysis of new popcorn simple hybrids evaluated using additive main effects and multiplicative interaction Bayesian approaches. *Bragantia*, Campinas, v. 81, p. 1-13, 2022. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200467>
- CREVELARI, J.A., et al. Adaptability and stability of corn hybrids for silage via GGE Biplot. *Agronomy journal*. 2022. <https://doi.org/10.1002/agg2.21240>
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, v. 6, p. 36-40, 1996. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
- EVANGELISTA, J. S. P. C., et al. Soybean productivity, stability, and adaptability through mixed model methodology. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 51, n. 2, p. 1-7, 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200406>
- GAUCH, H.G. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics*, p. 44, n. 3, p. 705-15, 1998. <https://doi.org/10.2307/2531585>
- GELA, T., et al. Dissection of genotype-by-environment interaction and simultaneous selection for grain yield and stability in faba bean (*Vicia faba* L.). *BioRxiv*, p. 139, 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.09.08.507215>
- KATSENIOS, N., et al. Effect of genotype $\times$ environment interaction on yield of maize hybrids in Greece Using AMMI Analysis. *Agronomy*, v. 11, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030479>
- KHAN, M.M.H., RAFII, M.Y. and RAMLEE, S.I. Hereditary analysis and genotype $\times$ environment interaction effects on growth and yield components of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) over multi-environments. *Scientific Reports*, v. 12, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19003-z>
- KOUKE, R.Y., et al. Genotype $\times$ Environment Interaction and stability analysis of agronomic performance in aromatic rice accessions in Benin. *Journal of Applied Biosciences*, v. 177, p. 18353-18363, 2022. <https://doi.org/10.35759/JABs.177.1>

MIRANDA, G. V., et al. Performance of corn hybrids at different sowing times in the second low-season crop in the extreme west of the State of Paraná. *Brazilian Journal of Development*, São José dos Pinhais, v.7, n. 4, p. 34794–34810, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-100>

MUSHORIWA, H., et al. Grain yield potential and stability of soybean genotypes of different ages across diverse environments in Southern Africa. *Agronomy*, v. 12, p. 1147, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051147>

NEISSE, A.C.; KIRCH, J.L.; HONGYU, K. AMMI and GGE Biplot for genotype $\times$ environment interaction: a medoid-based hierarchical cluster analysis approach for high-dimensional data. *Biometrical Letters*, Warsaw, v. 55, n. 2, p. 97-121, 2018. <https://doi.org/10.2478/bile-2018-0008>

OLIVOTO, T.; LÚCIO, A.D. Metan: an R package for multi-environment trial analysis. *Methods Ecol Evol*, v. 11, p. 783-789, 2020. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>

OLIVOTO, T., et al. Mean performance and stability in multi-environment trials i: combining features ofAMMIandBLUPtechniques.*AgronomyJournal*,v.111,n.6,p.294960,2019.<https://doi.org/10.2134/agronj2019.03.0220>

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.R Core Team. 2021. Available from: <https://www.R-project.org/> .

RESENDE, R.T., et al. Enviromics in breeding: applications and perspectives on envirotypic-assisted selection. *Theor Appl Genet*, v. 134, n. 1, p. 95-112, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03684z>

RESENDE, M.D.V. SELEGEN-REML/BLUP. 1º ed. Editora Embrapa. 2007.

RESENDE, M.D.V. Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. 1º ed. Colombo: Embrapa Florestas. 2004.

SANTOS, P.R., et al. Análise baseada em GGE Biplot e REML/BLUP da estabilidade de produção e adaptabilidade para feijoeiro comum em ensaios multi-ambientai. *Revista de Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, n. 14, v. 2, p. 1-6, 2019. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5657>

SOARES, M.O., et al. Parâmetros genéticos de uma população de milho em níveis contrastantes de nitrogênio.*RevistaCiênciaAgronômica,Fortaleza*,v.42,p.168174,2011.<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/929>

YAN, W., et al. GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, v. 47, n. 2, p. 641–53, 2007. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374> .

Capítulo 9



10.37423/240208701

COMPORTAMIENTO NEGATIVO DE LA SALUD DE PLANTAS Y ANIMALES ANTE ALGUNOS COMPONENTES DEL ECOSISTEMA

Jasiel Pavón Leyva

*Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el
Desarrollo Sostenible*

Mayda Leyva Favier

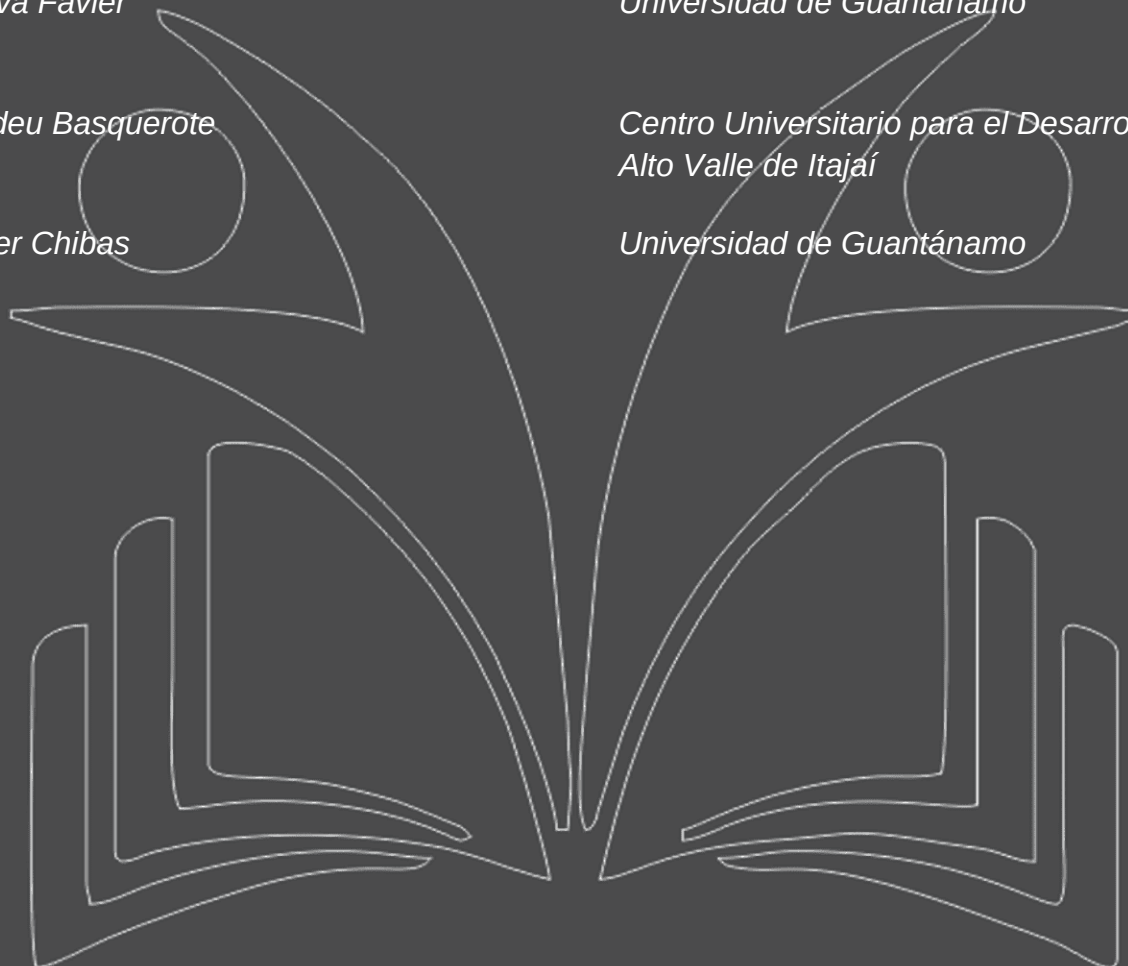
Universidad de Guantánamo

Adilson Tadeu Basquerote

*Centro Universitario para el Desarrollo del
Alto Valle de Itajaí*

Norca Favier Chibas

Universidad de Guantánamo



NOTAS INICIALES

Estos nuevos tiempos, le corresponde a la Educación Técnica y Profesional (ETP) preparar obreros capaces de enfrentar importantes desafíos en aras de mejorar la producción de alimentos, tanto de origen animal como vegetal, para los que se han desarrollado nuevas tecnologías, que deben aplicar en la producción agropecuaria bajo condiciones de sostenibilidad, por tanto, se debe preparar estudiantes con conciencia de previsor de manera que enfrenten tales desafíos.

La experiencia de estos años, sobre todo desde las últimas transformaciones en la formación de los técnicos medios en diferentes especialidades, unido a las necesidades y demandas que ha planteado la sociedad en las nuevas condiciones históricas, conduce a un nuevo perfeccionamiento del proceso de formación del técnico medio en zootecnia-veterinaria.

A esta situación se une la necesaria intensificación del desarrollo económico político y social del país, particularmente en lo relacionado con la producción de alimentos de origen animal y vegetal, que se prioriza como parte de la Seguridad Nacional, así como, con la búsqueda continuada del saber indisolublemente vinculada con el estudio de los ecosistemas, proporcionándole al estudiante las herramientas de trabajo para conocer los componentes del mismo que perjudican la salud de plantas y animales.

Por lo que el objetivo de la investigación es: Elaborar un material bibliográfico donde se manifieste cómo influyen negativamente en la salud de plantas y animales algunos componentes del ecosistema para utilizarlo en la asignatura Sanidad agropecuaria para la formación del técnico medio en Zootecnia-Veterinaria, del IPA “Manuel Simón Tames Guerra” de la provincia de Guantánamo.

DESARROLLO

Fundamentos histórico-lógicos Aunque ya desde la antigüedad se conocía la notable influencia del clima en el desarrollo de las plagas y enfermedades de los cultivos y animales, ha sido fundamentalmente en el presente siglo cuando se han llevado a cabo estudios cuantitativos sobre esta cuestión (DICKINSON, C.H, 2016).

Conforme se ha ido avanzando y profundizando en el conocimiento de los componentes de los enemigos de los cultivos y animales, se ha ido poniendo cada vez más de manifiesto el notable acción del clima sobre el ciclo biológico y actuación de los agentes patógenos, y se ha ido concretando en relaciones matemáticas (ecuaciones, tablas, gráficas), y en algunos casos se ha llegado hasta la

elaboración de modelos matemáticos más complejos y completos que intentan reflejar los perjuicios en la salud de plantas y animales de los agentes patógenos en función fundamentalmente de los factores climáticos (VOISIN, ANDRÉS, 2019). Todos estos conocimientos no sólo tienen un alto interés teórico, que justificaría su investigación, sino sobre todo un interés práctico.

Es evidente que desde tiempos prehistóricos ya existían enfermedades y plagas de las plantas y animales, fue con la transformación del hombre en agricultor, modificando las tierras, cultivándolas, criando animales, cuando los agentes causantes de las mismas comenzaron a cobrar una notable importancia, incidiendo negativamente en las producciones. El hombre, con su afán de obtener una gran variedad de productos animal y vegetal con fines alimenticios, cada día intenta aumentar esas poblaciones, y con las facilidades del comercio mundial, ha introducido en sus lugares de asentamientos numerosas especies de plantas, animales y, con ellas, sus plagas y enfermedades en muchos de los casos causadas por componentes del propio ecosistema (ULISES; GAGO. 2019).

Las pérdidas que ocasionan las plagas y enfermedades en plantas y animales de los países desarrollados pueden cifrarse entre el 10 y 20 % del total de la producción (PERSON SAYÚ, 2018). Ello obliga a una constante lucha y al empleo de medidas que impidían que el ecosistema influya negativamente sobre la aparición de las mismas.

En otro sentido, la ausencia de concepciones agroecológicas en los modelos agropecuarios utilizados durante el transcurso del desarrollo de la humanidad, especialmente en el período conocido como “revolución de los altos rendimientos o revolución verde”, provocó una degradación del medio ambiente, que resulta por lo general irreparable (CABEZAS. O, 2018).

A decir de Arroyo Y Cañizo (2017), en los últimos años se realizan esfuerzos en reorientar esas concepciones con un enfoque sustentable y particularmente orgánico. Es evidente que el mayor desafío que existe son los vinculados al mundo agropecuario, consiste en encontrar modelos donde se maximice las producciones y se minimice el deterioro del agroecosistema (SANTA CRUZ, 2018).

Desde 1999 el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruiz ha planteado para una mayor comprensión de problemas tan decisivos para la supervivencia humana, es necesario partir del conocimiento profundo del medio en que se vive, con todas sus complejidades, su naturaleza y vínculos, para que los modelos productivos que se propongan partan de conceptos holísticos que armonicen dos aspectos que aparentemente se contraponen: la satisfacción de las necesidades crecientes de la población y la preservación del entorno, revirtiendo las marcadas tendencias a la desaparición en la tierra de todo lo biótico, incluida la especie humana.

Es por ello, que el desarrollo vertiginoso de la ciencia, impone a los IPA la responsabilidad de egresar técnicos medios integrales, capaces de resolver los problemas que enfrenta la sociedad. Lo que evidencia que la profesión demanda un proceso de formación de calidad para actuar en un contexto específico, exige del técnico medio un buen desempeño, no solo haciendo frente a las “inseguridades” inherentes a su trabajo, sino a todas las situaciones en su contexto de actuación profesional, la cual no ha de verse solamente vinculada a la eficiencia que ellos demuestren en la solución de estos problemas, ya sean teóricos o prácticos, sino al enfrentamiento de plagas y enfermedades tanto en animales como en las plantas (TOMÁS ROIG, 2018).

Según PersonSayú (2018), la formación del técnico medio en la actualidad requiere, de una preparación integral, con conocimientos técnicos en los procesos de producción agropecuaria tales como: procesos agronómicos, de cultura zootécnica en las diferentes especies de animales domésticos con interés económico, de salud animal, poblacional y de economía general, capaz de enfrentar los desafíos de la producción pecuaria moderna y aplicar las nuevas técnicas y tecnología sostenibles, para el ahorro de recursos materiales y humanos, la protección del medio ambiente y la producción de alimentos de origen animal, estos conocimientos los pueden adquirir en la asignatura Sanidad Agropecuaria.

POR QUÉ SE REALIZA

Para que los estudiantes adquieran conocimientos sobre la influyen negativa que tiene para la salud de plantas y animales algunos componentes del ecosistema y puedan accionar en aras de revertir esa situación.

IMPORTANCIA

Se aporta un material bibliográfico donde se describe cómo influyen negativamente en la salud de plantas y animales algunos componentes del ecosistema para utilizarlo en la asignatura Sanidad Agropecuaria para la formación del técnico medio en Zootecnia-Veterinaria.

UTILIDAD Y RELEVANCIA

En la asignatura Sanidad Agropecuaria no se cuenta con un libro que resuma las principales plagas y enfermedades en plantas y animales causadas por efectos negativos del ecosistema, por tanto, se aporta un material donde los estudiantes adquieren conocimientos específicos y los profesores pueden dirigir mejor el proceso de enseñanza-aprendizaje.

MÉTODO O METODOLOGÍA

Para elevar el aprendizaje de los estudiantes en los contenidos relacionados con el ecosistema y sus efectos negativos en la salud de plantas y animales, se realizó encuestas a profesores que imparten la asignatura de Sanidad Agropecuaria, pruebas pedagógicas y entrevistas a los estudiantes.

La encuesta a profesores se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de las limitaciones de bibliografías con los contenidos relacionados con el ecosistema y sus efectos negativos en la salud de plantas y animales que se imparte en la asignatura Sanidad Agropecuaria.

La entrevista y prueba pedagógica a estudiantes se realizaron con el objetivo de evaluar conocimientos acerca de la influencia negativa de los componentes del ecosistema en la salud de plantas y animales que se imparte en la asignatura Sanidad Agropecuaria.

RESULTADOS

Se confeccionó un material bibliográfico a partir de una compilación de contenidos, se reagruparon y actualizaron los mismos según aparecen en las diferentes literaturas. Con la conformación de este material bibliográfico se puede lograr la enseñanza en la asignatura Sanidad Agropecuaria de los efectos negativos de los componentes del ecosistema en la salud de plantas y animales, teniendo en cuenta los problemas generales y esenciales para lo que el egresado debe estar preparado a fin de solucionarlos.

Los contenidos que ilustra dicho material juegan un papel importante, ya que ellos son portadores del sistema de conocimientos que se precisa para impartir la Unidad 2 y 3 de la asignatura Sanidad Agropecuaria. A continuación, se exponen algunos aspectos que se precisan en el material bibliográfico.

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS CULTIVOS POR LAS ALTAS TEMPERATURAS. POLILLA DE LA PAPA.

Insecto. Lesiones y daño a la papa: perfora y se come el tubérculo, se ha encontrado haciendo daño al tabaco y a la berenjena

Salta hojas del frijol. Insecto. El frijol negro es uno de los más afectados, pero ataca al frijol mungo, terciopelo, carita, gandul, se ha encontrado causando daño en cultivos como la fruta bomba, papa y hasta las plantas indeseables. Detiene el crecimiento del frijol, las hojas tiene un aspecto a quemadas.

Mildiu Velloso. Es un hongo que ataca a la plantación de pepinos, pero también al melón y la calabaza. Este agente ocasiona graves daños al reducir la parte foliar y afecta, además, las yemas terminales, reduciendo de esa forma la calidad de los frutos.

Carbón del maíz. Hongo. Que ataca todas las partes de la planta incluso la raíz, disminuye los rendimientos en la cosecha de maíz.

Muerte súbita o tristeza. Hongo que ataca al aguacate dejando cuantiosas pérdidas en los frutos.

Bórer de la caña de azúcar. Es un virus que ataca la caña de azúcar y al maíz. Reduce considerablemente los rendimientos de estos cultivos.

Guagua hemisférica. Es un insecto que ataca a las plantaciones de café, caimito, mango y guayaba.

Arañas rojas. Ácaros. Atacan a las plantaciones de Plátano, boniato, piña, aguacate, cítricos y yuca.

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS CULTIVOS CUANDO HAY MUCHA HUMEDAD O ENCHARCAMIENTO EN LOS SUELOS.

Tizón Tardío: Es un hongo que ataca a la papa, tomate. Es considerado el más devastador de estos cultivos.

Podredumbre blanca bacteriana. Lo produce una bacteria que ataca a los cultivos de ajo y cebolla.

Crisomélido común de los frijoles. Es un insecto que prolifera por los encharcamientos en caso de mucha lluvia, afectando a las plantaciones de frijoles ocasionando daños cuantiosos a las producciones.

Antracnosis. Hongo. Ataca Melón, Calabaza y Pepino. El ataque a los frutos es tan perjudicial que provoca su descomposición luego es continuada por invasión de bacterias, produce caída prematura de los frutos, lo cual disminuye la cosecha.

Pulgón del maíz. Un insecto muy frecuente en los cultivos establecidos en tierras bajas, que ataca al maíz, así como, al millo o sorgo, caña de azúcar, trigo, yerba de Don Carlos y otras. Es el trasmisor de 8 enfermedades virales de las plantas.

Picudito acuático. Es un insecto que ataca las plantaciones de arroz. El insecto se alimenta del follaje del arroz no permitiendo su desarrollo y crecimiento, por tanto, merma en las producciones.

Oídio del mango. Hongo que ataca a las plantas de mango. Es el más perjudicial del mango ataca a las flores y no produce el fruto y aquellos frutos que logran nacer se pierden entre el 20-25 % de los mismos

Escoba de bruja. Hongo. Que afecta a las plantaciones de cacao

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS CULTIVOS CUANDO SON MUY BAJAS LAS TEMPERATURAS.

Mosaico débil de la papa. Virus.

Tetuán del boniato. Insecto (gusano)

Mosca Blanca de la Fruta bomba. Insecto

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS CULTIVOS CUANDO SON FUERTE LOS VIENTOS

Sarna común o buba. Bacteria que ataca a las papas.

Negrón de la papa. Hongo. Es la enfermedad fungosa más común en los cultivos de papa en Cuba.

Mildiu vellosa. Hongo. Ataca ajo y cebolla

EFFECTOS NEGATIVOS DE LOS COMPONENTES INORGÁNICOS DEL SUELO EN PLANTAS

Nitrógeno (N): escasa composición de clorofila, pobre desarrollo de las plantas, disminuye la producción de hojas, frutos y semillas

Fósforo (P): insuficiente crecimiento y desarrollo de las plantas, no se fecunda el fruto, disminución del número de flores y frutos.

Potasio (K): una deficiencia de este elemento en las plantas provoca: manchas necróticas en las hojas, los tallos se debilitan y caen,

Calcio (Ca): las hojas jóvenes se necrosan progresivamente y hay muerte de las raíces.

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS ANIMALES POR LAS ALTAS TEMPERATURAS.

El golpe de calor o hipertermia: es una subida del calor corporal hasta tal punto que hay riesgo de daños y mal funcionamiento de los procesos fisiológicos. Sus efectos pueden ser temporales o irreversibles, pueden provocar la muerte, y dependen para cada animal del tiempo de exposición y de la temperatura. Cuantos mayores sean estos, mayores serán los daños.

Deshidrataciones: pérdida excesiva de agua que puede conllevar hasta la muerte de los animales

Fiebre amarilla, hepatitis: Mosquitos. Mucha fiebre que puede llegar hasta la muerte del animal

Sarna: La produce un ácaro, son muy perjudiciales en épocas de calor, deja muchas pérdidas en el comportamiento del animal.

Las altas temperaturas benefician la proliferación de garrapatas, causantes de la *anaplasmosis*, *piroplasmosis* y **Babesiosis**, enfermedades que atacan varios sistemas del organismo animal.

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS ANIMALES CUANDO HAY MUCHA HUMEDAD O ENCHARCAMIENTO EN LOS SUELOS.

Neumonía. Bacterias.

Dermatofitosis: Hongos que afectan la dermis de los animales

Pododermatitis: hongos en las extremidades, es una afección de tipo inflamatoria al comienzo que luego generalmente culmina en procesos infecciosos. Son muy molestas para los animales ya que cursan con dolor, fiebre, pus y enrojecimiento de la zona afectada.

Fasciolasis: Provocada por un protozoo (fasciola), ataca el hígado de los animales dejando grandes estragos.

Las parasitosis internas: Parásitos. Son los agentes etiológicos que más daños causan a cualquier especie de animales.

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS ANIMALES CUANDO SON MUY BAJAS LAS TEMPERATURAS.

Enfriamientos o Hipotermia. - Es una bajada del calor corporal hasta tal punto que hay riesgo de daños y mal funcionamiento de los procesos fisiológicos fundamentalmente en los recién nacidos.

Influenzas: Las bajas temperatura son las causantes de los llamados catarros en diferentes especies de animales que afectan su convivencia y la salud.

PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN A LOS ANIMALES CUANDO SON FUERTE LOS VIENTOS.

Coriza infeccioso de las aves. Producida por una bacteria de la especie *Haemophilusparagallinarum* que al obstruirse las aberturas nasales los animales respiran con el pico entreabierto por lo que la cavidad bucal se reseca y pueden morir.

Procesos alérgicos: Los vientos fuertes arrastran polen, polvo y otras sustancias que perjudican la salud de los animales (sufren ataques repentinos que los dejan sin aliento y respirando con dificultad).

Enfisema pulmonar: El viento contaminación puede destruir los tejidos susceptibles de los pulmones. Cuando eso ocurre, los pulmones ya no se pueden expandir y contraer como deben, cada aspiración es enormemente trabajoso.

Neumoconiosis: algunas partículas transportadas por el viento pueden ser muy peligrosas, esas partículas pueden dañar los tejidos pulmonares susceptibles, haciendo que tejidos sanos se conviertan en tejidos cicatriciales, produce dolores torácicos y la falta de aliento muchas veces se convierten en bronquitis, enfisema y/o una muerte temprana.

EFFECTOS CARENCIALES DE LOS COMPONENTES INORGÁNICOS EN ANIMALES

Una deficiencia de Fósforo (P): en los bovinos es la causa de raquitismo y osteomalacia, provoca alteraciones en el apetito (los animales se tornan voraces y mastican una serie de sustancias extrañas como madera, huesos); aparece debilidad muscular, rigidez en las articulaciones, disminución de la fertilidad en las hembras y la producción láctea en las vacas lecheras.

Calcio (Ca): si está carente en la especie bovina provoca raquitismo en los animales jóvenes, en la especie avícola se observan animales con picos y huesos blandos, patas arqueadas y huevos con cáscara muy fina o sin cascarón.

Hierro (Fe): un déficit del mismo conlleva en los lechones a la anemia ferropriva.

Cobre (Cu): su deficiencia conlleva a: anemia, pérdida del color normal del pelo o lana, retardo en el crecimiento, alteraciones óseas, trastornos gastrointestinales caracterizados por diarreas, en los ovinos es muy común la aparición de la ataxia de los recién nacidos por lesiones de médula espinal y el tronco encefálico.

Magnesio (Mg): una deficiencia de este componente provoca trastornos en los huesos y en los tejidos y líquidos orgánicos.

Sodio (Na): su deficiencia conlleva a retardo en el crecimiento de los animales, disminuye la producción, se reduce la utilización de la energía y las proteínas de los alimentos ingeridos en el ganado lechero, se observa pelo áspero, pérdida de peso y apetito, y los ojos lustrados.

Yodo (I): la deficiencia de este componente provoca diferentes alteraciones en el organismo animal, por ejemplo. - no hay control en el metabolismo provocando atrofia funcional de las glándulas, se

afecta la función reproductora de los animales, hay un crecimiento lento, se interrumpe la gestación, aparecen las muertes precoces, reabsorción fetal, abortos, muerte del recién nacidos, crías débiles, sin pelos, esterilidad en ambos sexos, disminución de la libido sexual y afección de la calidad del semen.

DISCUSIÓN

Como se explicó anteriormente el material se elabora para darle solución a los problemas docentes que vienen presentándose en el IPA Manuel Simón Tames Guerra durante el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura Sanidad Agropecuaria.

Este material bibliográfico, le permite al profesor organizar de forma coherente el conocimiento y orienta el avance del pensamiento del alumno en los procesos de obtención de un conocimiento nuevo. Además, permite a los alumnos apropiarse de elementos necesarios para analizar cómo influyen negativamente los componentes del ecosistema en la salud de plantas y animales.

Los contenidos que aparecen en el material bibliográfico se organizaron en correspondencia con los que están en las unidades nº 2 y 3 del programa de la asignatura Sanidad Agropecuaria, pero bien actualizados y sintetizados de manera que profesores y estudiantes puedan trabajar con el mismo.

CONSIDERACIONES FINALES

Con el material bibliográfico se viabiliza la dirección del aprendizaje de los estudiantes del IPA “Manuel Simón Tames Guerra”, aportándole mayor dinamismo a la actividad docente y acceso a una información bien sintetizada, con un nivel caracterizado en la organización, actualización, especialización, conveniencia e implicaciones prácticas y utilidad metodológica de los contenidos de plagas y enfermedades en animales y plantas causadas por componentes del ecosistema.

Asimismo, se garantizó un mayor tratamiento a la orientación del trabajo independiente de los estudiantes durante la clase, así como en relación al aprendizaje por niveles de asimilación en los contenidos de la unidad, puesto de manifiesto en el sistema de tareas considerado en el material docente.

La concepción del material, condiciona, además, una mayor contribución al logro de los objetivos de la enseñanza, la carrera, la asignatura, la unidad y la clase, por constituir este un vínculo direccional para el perfeccionamiento de las actividades de los alumnos y el maestro.

En relación con las actividades de los educandos, se corroboró una mejor preparación de estos para la clase, así como una mayor participación y dinamización de la actividad docente, condicionado por la elevación de la eficiencia durante la realización del estudio independiente, en este sentido, la mayor limitación se centra en el número de ejemplares, lo que conspira con el desarrollo de mayor independencia durante las actividades.

BIBLIOGRAFÍA.

ARROYO, M., DEL CAÑIZO, J. A. Plagas del jardín. Enfermedades y enemigos de las plantas ornamentales. 2017.

CABEZAS, O. Diagnóstico y Evaluación de Plagas. Tingo María. Curso-Taller SENASA. Universidad Nacional Agraria de La Selva. Perú. 2018.

DICKINSON, C.H., LUCAS, J. A. Patología vegetal y patógenos de plantas. Ed. Limusa. La Habana. 2016.

MC PERSON SAYÚ, M. La dimensión ambiental del desarrollo en la formación del profesor general integral de Secundaria Básica en Cuba, Medio Ambiente y Desarrollo. 2018.

SANTA CRUZ, G. Control legal fitosanitario. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 2018.

TOMÁS R. Diccionario Botánica de nombres vulgares cubanos. La Habana, t. I y II. 2018

ULISES, G. Patología Veterinaria. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 2019

VOISIN, A. Suelo, hierba, cáncer, Tecnos, Madrid. España. 2019

Capítulo 10



10.37423/240208702

INTERACCIONES BIOLÓGICAS COMO FUNDAMENTOS DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE: UNA PROPUESTA DIDÁCTICO-METODOLÓGICA EN GUANTÁNAMO, CUBA

Kalianni Olivares Figueroa

Universidad de Guantánamo

Noemí Martínez Sánchez

Universidad de Oriente

Yulién Miguelez Sierra

Universidad de Guantánamo

Norca Favier Chibas

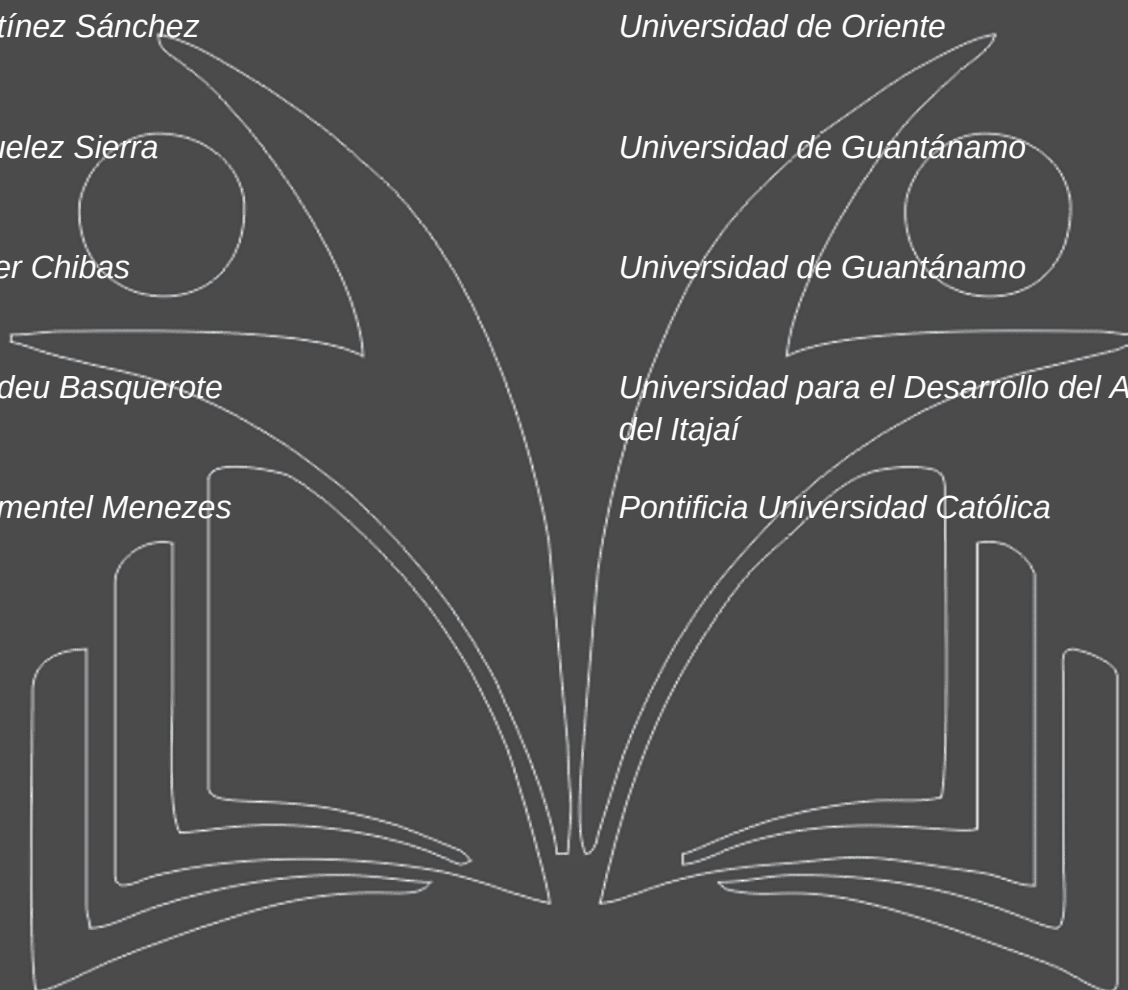
Universidad de Guantánamo

Adillson Tadeu Basquerote

*Universidad para el Desarrollo del Alto Valle
del Itajaí*

Eduardo Pimentel Menezes

Pontificia Universidad Católica



En la actualidad, existen claras razones acerca de los severos impactos ambientales y sociales de la agricultura moderna, tan dependiente de agroquímicos y capital. Es cada vez más evidente, que estos problemas no son solo la consecuencia de una mala aplicación de buenas técnicas, de un buen modelo, sino que hay un problema de fondo, el abordaje de las ciencias agropecuarias. Se necesita un nuevo paradigma que reemplace el enfoque cortoplacista, reduccionista y productivista, por otro que ponga en un plano superior la complejidad ambiental.

Uno de los mayores desafíos actualmente es disminuir el uso de insumos. Lo que se busca es lograr cambios en el diseño y manejo de los agroecosistemas, de manera de fortalecer los procesos ecológicos que brinda la biodiversidad presente en los agroecosistemas. Estos servicios ecológicos son producto de las interacciones entre los componentes de la biodiversidad cultivada y espontánea presente en los agroecosistemas.

Para manejar la biodiversidad, se necesitan entender los agroecosistemas como sistemas naturales modificados por el hombre con el fin de producir bienes y servicios (SARANDÓN; FLORES, 2014). Identificando claramente los componentes y los límites de los agroecosistemas, y entendiendo cómo se relacionan entre sí estos componentes, se pueden optimizar los procesos ecológicos, potenciando las interacciones positivas y limitando las negativas (ALTIERI; NICHOLLS, 2010).

Los agroecosistemas son sistemas muy complejos. Son básicamente sistemas ecológicos con componentes biológicos distribuidos en el tiempo y espacio, interactuando con componentes socioculturales, como los objetivos, conocimientos, racionalidades y culturas de los agricultores (SARANDÓN; FLORES, 2014). Esta complejidad no puede ser entendida desde un enfoque reduccionista y requiere ser abordada a través del enfoque de sistemas para lograr un manejo sustentable.

En general, en las ciencias agrarias ha prevalecido un enfoque reduccionista que se ha detenido a mirar sólo los componentes del agroecosistema por separado: el suelo, el cultivo o la plaga. Sin embargo, estos componentes interactúan entre sí, y al estudiarlos por separado, se limita la comprensión del agroecosistema como una unidad.

Tomando en cuenta la realidad descrita, y la necesidad de transformarla, los autores se proponen como objetivo: elaborar una propuesta didáctico-metodológico para la integración de los contenidos biológicos a través de las interacciones biológicas como fundamentos de la producción agropecuaria sostenible en la carrera de Agronomía, de la Facultad Agroforestal, Universidad de Guantánamo.

DESARROLLO

Las exigencias del Plan de Estudio "E", desde las líneas bases del diseño curricular de las carreras se sustenta en un perfil amplio con una preparación básica profunda, la esencialidad de los contenidos disciplinares y la racionalidad del diseño curricular. El Modelo del profesional para el Ingeniero Agrónomo: La relación de la disciplina Biología con los siguientes elementos del Modelo a los cuales tributa desde su objetivo general y del contenido: teórico conceptual y teórico procedimental.

En este plan los problemas profesionales más generales y frecuentes son: la selección y utilización de especies vegetales y animales que se adecuen a las condiciones edafoclimáticas locales, la selección y utilización de alternativas para la fertilización y el mejoramiento de los suelos, el control de plagas que afectan la producción agrícola y el aseguramiento de adecuadas condiciones higiénico-sanitarias para la producción animal, así como de las alternativas para la alimentación de las especies animales con que se trabaja.

Las exigencias de la concepción del programa de la Disciplina Biología: contribuye a la formación de habilidades fundamentales en el profesional de la agronomía pues dota de los conocimientos que permiten caracterizar la estructura y funciones de las especies vegetales y microorganismos presentes en los sistemas de producción agropecuaria, evaluar las interacciones entre estos componentes bióticos y con los factores abióticos. Este conocimiento básico respalda la toma de decisiones en el ejercicio profesional que permitan alcanzar el máximo potencial productivo de las plantas. Tiene una relación importante con las estrategias de Educación ambiental y Orientación profesional.

En el orden metodológico la inclusión de este elemento en la línea de trabajo metodológico de la disciplina Biológica: referida al perfeccionamiento del trabajo educativo e interdisciplinario para contribuir al aprendizaje desarrollador del contenido anatomofisiológico y de clasificación de las plantas. Además por la correspondencia que guarda con la línea de trabajo metodológico del departamento Agronomía: Perfeccionamiento del Trabajo Metodológico en función de los conceptos del Plan de Estudio "E" en la carrera, para lograr mayor integración y mejorar la formación integral de los estudiantes.

En la sistematización teórica realizada a la integración de contenidos se destacan autores como: Mena (2010), Collazo (2016), los que han aportado acepciones en su tratamiento epistemológico y didáctico. Estos resultados apuntan a la esencia totalizadora de la integración y su importancia en la formación

del agrónomo y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias con una perspectiva interdisciplinar desde lo psicológico y didáctico. Se asume la definición de integración de contenidos aportada por Mena (2010)

En este orden de ideas para la integración de contenidos biológicos se concibe como Contenido biológico en la carrera Agronomía, los resultados esenciales de las ciencias biológicas y de las disciplinas afines que desde lo conceptual, procedimental y actitudinal en el PEA de la Biología, fundamentan los procesos agropecuarios en la solución de los problemas profesionales (OLIVARES, 2022).

En este sentido para la identificación de las interacciones biológicas determinantes en la sostenibilidad del agroecosistema el estudiante basará su análisis en la construcción del contenido biológico, enriqueciendo su aplicación con el reconocimiento de las interacciones biológicas como base para la diversificación agropecuaria intencionalmente dirigida a promover interacciones autóctonas y sinergias benéficas en los sistemas de producción agropecuaria.

Se podrá profundizar en la importancia de los contenidos biológicos recibidos para la sostenibilidad del agroecosistema, entendiendo esta como la durabilidad de los sistemas de producción, su capacidad para mantenerse en el tiempo y frente a situaciones de choque, la preservación de los recursos naturales renovables utilizados para la producción agropecuaria, así como de los insumos necesarios para la producción y los recursos tecnológicos, sociales, económicos, políticos y culturales (SARANDON; FLORES, 2014).

Con este objetivo, el estudiante deberá identificar las interacciones biológicas y entender que los componentes que forman parte de los agroecosistemas y las relaciones entre éstos son un aspecto fundamental para lograr diseñar y manejar agroecosistemas sostenibles. Con este fin, se tratarán las siguientes interacciones biológicas: competencia, alelopatía, herbivorismo, predación, parasitismo y mutualismo.

En el caso de la Biología Vegetal, estas interacciones pueden ser: planta-planta-efectos alelopáticos, planta-microorganismos beneficiosos promotores de crecimiento vegetal-nutrición-protección, microorganismos suelo-microbiota de la planta-reciclaje de nutrientes, planta-reproducción-agentes polinizadores-nuevos individuos y perpetuidad de la especie. Estos contenidos se connotan como fundamentos biológicos en la solución de los problemas profesionales que se enfrentan en la práctica laboral. (Anexo 1)

PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICO-METODOLÓGICA

En general, estos estudios armonizan en reconocer el enfoque intradisciplinar como una alternativa válida para el tratamiento a la integración con nuevas relaciones que enriquecen la comprensión del contenido propio de una disciplina y su posterior aplicación. Aunque se pondera la necesidad del establecimiento de las dinámicas internas de la ciencia particular para generar la integración de los contenidos, enfatizan en la organización de estos en nodos, núcleos. Los nodos cognitivos intradisciplinarios son “puntos de acumulación de conocimientos entorno a un concepto o habilidad”.

Destaca la propuesta de las interacciones biológicas como nodos principales intradisciplinarios, en tanto contenido biológico que se distinguen “por la relevancia que adquieren para el profesional, el grado de aplicabilidad que poseen y la trascendencia de las actividades relacionadas con ellos en la práctica” (ÁLVAREZ, 2004, p. 8).

Formando parte de los fundamentos biológicos de la producción agropecuaria en situaciones agropecuarias, las interacciones biológicas se definen como: contenidos biológicos integrados que relacionan procesos biológicos y agropecuarios con un sentido profesional y contribuyen a la sostenibilidad.

En este sentido, las interacciones biológicas se manifiestan entre los componentes del agroecosistema y de estos componentes con el ambiente para fundamentar la sostenibilidad del agroecosistema a partir del equilibrio biótico, de ahí que permitan la comprensión de estas relaciones como un aspecto fundamental para diseñar y manejar agroecosistemas sostenibles.

La interacciones biológicas para elegir correctamente el diseño de los agroecosistemas lo que requiere comprender el funcionamiento de los mismos, para optimizar los procesos, las interacciones positivas y limitar las negativas (DEL POZO, 2016).

La orientación del contenido a la fundamentación de las interacciones de los componentes del agroecosistema que influyen en la producción agropecuaria permitiría abordar las relaciones intra e interdisciplinarias con mayor efectividad y determinar con mayor precisión las contribuciones a los campos de acción, objetivos del año y de la práctica laboral.

La propuesta consiste en la integración del contenido biológico a partir del tratamiento a las interacciones biológicas determinantes en la sostenibilidad del agroecosistema como un nodo principal intradisciplinario. Con el fin de lograr una adecuada implementación de esta propuesta se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- Interacciones biológicas para la sostenibilidad
- Fundamentos biológicos en la producción agropecuaria
- Problemas profesionales con los que se relacionan
- Salida a campos de acción
- Correspondencia con el objetivo de año
- Salida a la práctica laboral.

EL TRABAJO DIDÁCTICO-METODOLÓGICO QUE SE PROPONE:

- Definir por asignaturas las interacciones que desde su contenido se pueden abordar y cómo se relacionan
- Precisar los fundamentos biológicos de la producción agropecuaria
 - La estructura de los componentes biológicos y su distribución espacio temporal en el sistema.
 - Las propiedades que distinguen el sistema biológico en su actuación individual o como componente del agroecosistema.
 - La dinámica de los procesos biológicos en los procesos agropecuarios.
 - El predominio de familias de interés agropecuario. Lo que justifica la relación de familias cuyos representantes no compitan por los mismos recursos ni sean afectados por las mismas plagas.
 - Las interacciones biológicas para elegir correctamente el diseño de los agroecosistemas, lo que requiere comprender el funcionamiento de los mismos para optimizar los procesos, es decir las interacciones positivas y limitar las negativas (BONAUDO, *et al.*, 2014)
- Seleccionar los problemas profesionales a los que se vinculan el contenido de las asignaturas.
- Identificar las salidas del contenido biológico a los campos de acción.
- Precisar la correspondencia con el objetivo del año y de la práctica laboral.
- Concretar la relación entre los procesos biológicos y los procesos agropecuarios a partir de las relaciones empíricas y teóricas que se establecen entre ellos.

- Diseñar desde un enfoque explicativo integrador, la estructuración didáctica del contenido biológico, para la integración intradisciplinar, centrada en las interacciones biológicas como nodo principal intradisciplinario y como eje integrador se precisa la relación transferencial organismo-ecosistema.

Esta propuesta didáctica permite abordar los contenidos biológicos de la disciplina a partir del tránsito de contenidos fragmentados a contenidos disciplinares integrados que posibiliten la fundamentación biológica de la producción agropecuaria, desde la relación transferencial organismo-ecosistema-agroecosistema, en los que se manifiesta la integridad biótica dada la relación entre los componentes, propiedades y funciones del sistema biológico, su autorregulación en interacción con el ambiente. Los contenidos biológicos se resignifican, con un sentido profesional bioagropecuario para potenciar su aplicación en situaciones profesionales.

CONCLUSIONES

La implementación en la disciplina Biología del tratamiento a las interacciones biológicas como nodo principal intradisciplinar permitió lograr mayor aplicación de los fundamentos biológicos de la producción agropecuaria en situaciones profesionales.

La propuesta didáctica-metodológica para la integración de los contenidos biológicos a través de las interacciones biológicas permitió formar conocimientos precedentes necesarios para los ingenieros agrónomos, que se reciben en los años posteriores de la carrera Agronomía.

REFERENCIAS

ALTIERI, M., NICHOLLS, C. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Medellín: SOCLA, 2010.

Álvarez, M. Interdisciplinariedad: Una aproximación desde la enseñanza - aprendizaje de las ciencias. En Interdisciplinariedad. Una aproximación a la enseñanza aprendizaje de las ciencias. Pueblo y Educación, p. 1-19, 2004.

BONAUDO, T., BURLAMAQUI, A., SABATIER, R., RYSCHAWY, J., BELLON, S., LEGER, F., MAGDA, D.;TICHIT, M. Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestocksystems. Europ. J. Agronomy, 57, 2014, p. 43–51.

COLLAZO, V. La integración de contenidos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática para la formación profesional del técnico medio en la especialidad Zootecnia Veterinaria. (Tesis de Doctorado). UCP “Héctor Alfredo Pineda Zaldívar”, La Habana, Cuba. 2026.

DEL POZO, P. La formación agroecológica en las carreras agropecuarias en Cuba. Retos para su perfeccionamiento. [Ponencia]. En Agrodesarrollo, Matanzas, 2016.

MENA, J. Concepción didáctica para una enseñanza-aprendizaje de las ciencias básicas centrada en la integración de los contenidos en la carrera de Agronomía: metodología para su implementación en la Universidad de Pinar del Río. (Tesis de Doctorado). ICCP, La Habana. 2010.

SARANDÓN, S.; FLORES, C. (2014). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Edulp. 2014.

OLIVARES, K. (2022). Dinámica transferencial de integración intradisciplinar de los contenidos biológicos en la carrera Agronomía. (Tesis de Doctorado). UO, Santiago de Cuba. 2022.

ANEXO 1 SALIDA PROFESIONAL DE LOS CONTENIDOS BIOLÓGICOS

ASIGNATURA: BOTANICA 1er año			
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Competencia (planta-planta)			
FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS	PROBLEMAS PROFESIONALES EN LOS QUE SE APLICAN	OBJETIVO DE AÑO Y DE LA PRÁCTICA LABORAL	CORRESPONDENCIA CON OBJETIVO DE AÑO SALIDA A LA PRÁCTICA LABORAL
Individuos que compiten por un recurso (agua, nutrientes, luz) que puede ser limitante según las características anatomorfológicas (altura, tipo de hojas y área foliar, tipo de sistema radicular) y adaptaciones de las especies que se asocian en el cultivo, lo que puede reducir la tasa de crecimiento y reproducción.	Selección y utilización de especies vegetales y animales que se adecuen a las condiciones edafoclimáticas	- Familiarizar a los estudiantes en el campo de la Agronomía relacionando los procesos químicos, físicos, biológicos y sociales desde una concepción dialéctico-materialista, conociendo las especies y variedades de plantas y animales presentes con preceptos de conservación y protección al medio. - Familiarizar a los estudiantes con el trabajo en la producción agropecuaria y con las actividades propias del perfil agronómico.	- Se contribuye a fundamentar las posibles asociaciones de especies y familias botánicas en el cultivo, atendiendo a las características del crecimiento que determinan la distribución espacial de los cultivos y las propiedades que repercuten en sus funciones y aportes en el agroecosistema, desde lo ecológico y en función del interés productivo, incorporando las experiencias de la agricultura tradicional. - Se tiene en cuenta la adaptación de las especies a las condiciones edafoclimáticas para su uso con fines agrícolas.
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Alelopatía (Planta-herbívoro)			
Interacción química donde un individuo perjudica al otro a partir de la emisión de sustancias volátiles resultantes del metabolismo. Se tienen en cuenta las especies y familias vegetales con esta propiedad que contribuyan a la protección de los cultivos.	IDEM	IDEM	Se fundamenta el uso de plantas auxiliaadoras en el agroecosistema para repeler herbívoros y patógenos o atraer enemigos naturales de los herbívoros en función de reducir las afectaciones al rendimiento y como alternativa para disminuir el uso de productos químicos dañinos al medioambiente.
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Mutualismo asimbiótico (Planta-polinizadores)			
Relación en la que se benefician dos especies y mejoran su aptitud biológica. En este caso asimbiótica facultativa donde se intercambia el recurso polen o néctar por el servicio de dispersión de polen de la planta.	IDEM	IDEM	Se aplica a la selección de especies que atraen insectos polinizadores, basado en el papel de la polinización en la diversidad biológica del agroecosistema y su importancia en la producción de alimentos a partir de la formación de los frutos y semillas para la alimentación humana y animal,

Se tiene en cuenta la atracción del polinizador a los caracteres florales (forma, color, aromas) así como el proceso de polinización y fecundación.			así como para la reproducción y conservación de las especies. Se distinguen especies y familias con propiedades melíferas y aromáticas que atraen polinizadores, promoviendo las especies autóctonas o locales que favorezcan el equilibrio ecológico del agroecosistema.
ASIGNATURA: MICROBIOLOGÍA 2do año			
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Mutualismo asimbiótico (Planta-microorganismos beneficiosos)			
FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS	PROBLEMAS PROFESIONALES EN LOS QUE SE APLICAN	OBJETIVO DE AÑO Y DE LA PRÁCTICA LABORAL	CORRESPONDENCIA CON EL OBJETIVO DE AÑO SALIDA A LA PRÁCTICA LABORAL
Los microorganismos que forman parte de la microbiota de las plantas promueven el crecimiento vegetal a partir de la nutrición al hacer más disponibles los nutrientes del suelo y el nitrógeno atmosférico, brindan protección contra los patógenos del suelo y foliares y producen sustancias del crecimiento que benefician a la planta. A cambio reciben nutrientes producidos por la planta.	- Selección y utilización de alternativas para la fertilización y el mejoramiento de los suelos - Control de plagas que afectan la producción agrícola - Aseguramiento de adecuadas condiciones higiénico-sanitarias para la producción animal, así como de las alternativas para la alimentación de las especies animales con que se trabaja.	- Caracterizar los procesos que inciden en las entidades agropecuarias sobre la base de una concepción científica del mundo con un pensamiento dialéctico de los principios, conceptos y leyes del funcionamiento de las plantas y animales en interacción con el agroecosistema reconociendo las principales especies, variedades y razas presentes. - El desarrollo en los estudiantes de las habilidades que corresponden a las técnicas y los métodos generales y más frecuentes del trabajo del profesional en sus campos de acción.	- Se explica la función de los microorganismos en los procesos agropecuarios a partir de su implicación en: la nutrición y protección de las plantas contra patógenos, la transformación de la materia orgánica proveniente de diferentes fuentes, los subproductos de cosecha y el estiércol de los animales, con efecto significativo en la fertilidad de los suelos y el reciclaje de nutrientes en el agroecosistema, que conlleva al mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos, el mejoramiento de la calidad del alimento humano y animal transformado por la actividad microbiana controlada y en el control biológico de los patógenos que afectan los cultivos y la salud animal. - Se contribuye a la selección de manejos y tecnologías que favorezcan la actividad de microorganismos eficientes en los procesos agropecuarios y el control de los perjudiciales, como alternativas biológicas a incluir en el manejo integrado de la nutrición vegetal y de las plagas, para el logro de una producción sostenible. - Se promueve la diversidad microbiana propia del agroecosistema.
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Parasitismo (Planta-microorganismos patógenos)			

• Los microorganismos patógenos del suelo y los foliares causan daños a la planta que afectan su crecimiento y pueden ocasionar la muerte de los tejidos. En consecuencia, las plantas pueden desarrollar niveles de resistencia ante sucesivos ataques del patógeno.	IDEM	IDEM	IDEM
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Competencia Antibiosis (Microorganismos antagonistas)			
FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS	PROBLEMAS PROFESIONALES EN LOS QUE SE APLICAN	OBJETIVO DE AÑO Y DE LA PRÁCTICA LABORAL	CORRESPONDENCIA CON EL OBJETIVO DE AÑO SALIDA A LA PRÁCTICA LABORAL
• Las poblaciones microbianas del suelo compiten por los nichos ecológicos y los nutrientes. Los microorganismos en esta relación liberan metabolitos que limitan el crecimiento de los competidores como son antibióticos, antifúngicos y enzimas líticas. Esta competencia permite el control de los patógenos por los microorganismos beneficiosos.	IDEM	IDEM	IDEM
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Mutualismo (Microorganismo-microorganismo)			
• Coexisten poblaciones microbianas y tienen actividad sinérgica en procesos tales como: la transformación de la materia orgánica, de gran importancia en el reciclaje de los nutrientes, el control de microorganismos patógenos y la transformación fermentativa de alimentos que confiere mayor calidad nutritiva a los mismos.	IDEM	IDEM	IDEM
ASIGNATURA: PRINCIPIOS DE GENÉTICA Y MEJORA GENERAL			2do año
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Intraespecíficas Interespecíficas			

Variación, selección natural y transmisión hereditaria de los caracteres que intervienen en las relaciones biológicas entre especies y en su adaptación a las condiciones bioclimáticas específicas.	- Selección y utilización de especies vegetales y animales que se adecuen a las condiciones edafoclimáticas. - Selección y aplicación de alternativas tecnológicas para el desarrollo de una producción agropecuaria sostenible.	IDEM	- Se fundamenta la selección de especies, variedades, cultivares y razas con los caracteres mejor adaptados al agroecosistema en cuanto a resistencia a factores adversos, ventajas reproductivas y rendimientos potenciales. - Se fundamenta el mejoramiento genético desde métodos convencionales y biotecnológicos que potencien los caracteres de mayor importancia para el agroecosistema y la multiplicación y conservación de los mismos.
ASIGNATURA: FISIOLÓGÍA VEGETAL 2do año			
INTERACCIÓN BIOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD: Planta-planta, Planta-especies perjudiciales, Planta-especies beneficiosas			
FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS	PROBLEMAS PROFESIONALES EN LOS QUE SE APLICAN	OBJETIVO DE AÑO Y DE LA PRÁCTICA LABORAL	CORRESPONDENCIA CON EL OBJETIVO DE AÑO SALIDA A LA PRÁCTICA LABORAL
Respuesta del crecimiento y desarrollo de las plantas ante la acción de especies perjudiciales y beneficiosas, influenciada por los factores del clima, suelo y agua. Se tiene en cuenta el efecto de las interacciones en la producción de materia seca de las plantas que determina el rendimiento biológico, del cual depende el rendimiento agropecuario.	- Selección y utilización de especies vegetales y animales que se adecuen a las condiciones edafoclimáticas. - Selección y aplicación de alternativas tecnológicas para el desarrollo de una producción agropecuaria sostenible.	IDEM	- Se explican los efectos de las interacciones de las plantas de cultivo con los componentes bióticos y abióticos del agroecosistema en los procesos fisiológicos que determinan el crecimiento y desarrollo, como base de la producción agropecuaria, dado el uso de las plantas como alimento humano y animal, y la influencia en la reproducción como vía de incrementar las poblaciones de plantas de cultivo, de asegurar la producción de frutos y semillas como alimentos y para la conservación de las especies, de forma que se asegure un balance adecuado entre la explotación de los recursos del agroecosistema y su renovación. - Se fundamentan las técnicas de cultivo y manejos agronómicos para regular factores ambientales como la temperatura, la humedad y la luz en base a la influencia de estos factores en el crecimiento, - Se fundamenta la selección de las especies y cultivares más aptos en diferentes agroecosistemas basado en las adaptaciones morfofisiológicas a condiciones ambientales desfavorables como el estrés hídrico, salinidad de los suelos, alta intensidad luminosa.

 conhecimentolivre.org/home

 contato@conhecimentolivre.org

 [editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)



CIÊNCIAS AGRÁRIAS: A MULTIDISCIPLINARIDADE DOS RECURSOS NATURAIS

VOLUME XIV