

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais

Volume V

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Luciano Façanha Marques
Organizadores



Pantanal Editora

2024

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Luciano Façanha Marques
Organizadores

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume V



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

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

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

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

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

Instituição

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

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

Ficha Catalográfica

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

I58

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume V / Organização de Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Luciano Façanha Marques. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.
97p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-43-3

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756433>

1. Manejo sustentável do solo. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Marques, Luciano Façanha (Organizador). IV. Título.

CDD 631.59

Índice para catálogo sistemático

I. Manejo sustentável do solo



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

Pantanal Editora

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

Apresentação

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

No decorrer dos capítulos deste e-book, são explorados os seguintes tópicos: análise espacial de atributos do solo em área com pasto; características químicas do solo após a aplicação de doses de pó de rocha basáltica, em área cultivada com bananeira cv. Nanica; alface produzido em função de doses de esterco caprino; a relação entre o uso terra, emissões de gases de efeito estufa e mudanças na paisagem em Conceição das Alagoas em MG; sementes de Angico de bezerro, submetidas a diferentes procedimentos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação – desidratação; influência da localidade de produção e da salinidade sobre o potencial germinativo de sementes de angico coletadas em diferentes anos; a cromatografia de Pfeiffer para avaliar a saúde do solo sob o algodão em sistema agroflorestal e convencional; biomarcadores em peixes de cultivo: uma perspectiva de monitoramento sanitário e ambiental para a defesa sanitária animal; presença de *Fusarium* sp. em milho nativo cultivado sob diferentes regimes de irrigação. Esses capítulos fornecem uma análise prática e detalhada sobre técnicas de manejo de solo, cultivos e monitoramento ambiental em diferentes contextos agrícolas.

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

Boa leitura!

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Análise espacial de atributos do solo em área com pasto	6
Capítulo 2	16
Características químicas do solo após a aplicação de doses de pó de rocha basáltica, em área cultivada com bananeira cv. Nanica	16
Capítulo 3	30
Alface produzido em função de doses de esterco caprino	30
Capítulo 4	36
A relação entre o uso terra, emissões de gases de efeito estufa e mudanças na paisagem em Conceição das Alagoas em MG	36
Capítulo 5	43
Sementes de Angico de bezerro, submetidas a diferentes procedimentos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação – desidratação	43
Capítulo 6	52
Influência da localidade de produção e da salinidade sobre o potencial germinativo de sementes de angico coletadas em diferentes anos	52
Capítulo 7	61
A cromatografia de Pfeiffer para avaliar a saúde do solo sob o algodão em sistema agroflorestal e convencional	61
Capítulo 8	71
Biomarcadores em peixes de cultivo: uma perspectiva de monitoramento sanitário e ambiental para a defesa sanitária animal	71
Capítulo 9	87
Presença de <i>Fusarium</i> sp. em maíces nativos cultivados bajo distintos regímenes de riego	87
Índice Remissivo	96
Sobre os organizadores	97

Análise espacial de atributos do solo em área com pasto¹

Recebido em: 11/09/2024

Aceito em: 23/09/2024

 10.46420/9786585756433cap1

Lucas Gustavo Yock Durante² 

Jorge Wilson Cortez³ 

Anamari Viegas de Araújo Motomiya² 

Eber Augusto Ferreira do Prado⁴ 

Jessica Evangelista de Souza⁵ 

INTRODUÇÃO

As áreas de pastagens no Brasil representam cerca de 170 milhões de hectares, ocupando quase 22% do território nacional (Santos e Martuscello, 2022). Alguns estudos indicam que o Brasil ainda possui até 109,7 milhões de hectares de pastagens cultivadas com algum nível de degradação (Bolfe et al., 2024).

Assim, o monitoramento de áreas cultivadas com pastagens é fundamental para o sucesso dos sistemas de produção de pasto. A Agricultura de Precisão (AP) já é utilizada em culturas com plantio em larga escala, commodities e em setores agroindustriais organizados, tal como no setor florestal, podendo ser estendida para as pastagens e áreas ocupadas com plantas forrageiras (Oliveira et al., 2023). A geoestatística é uma técnica estatística aplicada à análise espacial de dados, que permite a geração de mapas de distribuição de nutrientes do solo e a identificação de áreas com diferentes características de manejo (Ribeiro Filho et al., 2024).

Dessa forma, a combinação da análise de nutrientes do solo com o uso da geoestatística pode ser uma estratégia eficiente para o manejo adequado de sistemas, permitindo a identificação de áreas com diferentes necessidades e a aplicação diferenciada de insumos, maximizando a produtividade e a sustentabilidade (Ribeiro Filho et al., 2024).

O manejo incorreto e a baixa fertilidade do solo são apontados como as principais causas da degradação das pastagens (Duarte et al., 2019). Dessa forma, a adubação é uma prática muito relevante para manutenção produtiva das pastagens, entretanto, o uso racional de fertilizantes exige a identificação dos nutrientes prioritários para uso em implantação e manutenção das pastagens (Cabral et al., 2021).

Dentre os minerais, o nitrogênio é o elemento que causa a mais grave deficiência nas plantas. Está presente no DNA, em todos os aminoácidos e proteínas. Neste sentido, Nascimento et al. (2023) relataram que na maioria das terras agrícolas do mundo, o N é considerado o nutriente mais limitante para as culturas, especialmente em monoculturas de gramíneas. Em pastagens tropicais o nitrogênio tem

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

² Eng. Agr. Dr., IFMS, Naviraí – MS.

³ Eng (a). Agr(a). Dr, Professor(a), UFGD, Dourados – MS.

⁴ Eng. Agr. Dr. IFMS Ponta Porã – MS.

⁵ Zootecnista, IFMS, Naviraí – MS.

destaque, pois sua deficiência, comum nos solos dessas regiões, limita a produtividade e resulta em queda acentuada da capacidade de suporte e do ganho de peso animal (Reis, 2021). Entre os nutrientes essenciais, o fósforo e o nitrogênio são importantes no estabelecimento, recuperação e manutenção das pastagens (Duarte et al., 2019).

Vários processos fisiológicos das plantas estão ligados ao fósforo. A fotossíntese, respiração e biossíntese de DNA, estão relacionados com o fósforo nas plantas. Assim, por ser considerado um macronutriente essencial para as plantas, pode vir a limitar a produtividades das culturas, quando não aplicado ao solo. Neste contexto, o fósforo (P) é um dos principais nutrientes capazes de aumentar a produtividade de gramíneas tropicais. A definição de doses adequadas de fertilizantes fosfatados pode contribuir para melhorar a produção de forragem das pastagens (Nunes et al., 2023).

A melhoria da eficiência da utilização de nutrientes das plantas fornece uma rota potencial para superar os efeitos das deficiências de K e P (Wang et al., 2020). Nas plantas o potássio (K⁺) desempenha inúmeras funções fisiológicas, dentre elas destaca-se osmorregulação, síntese de proteínas e transporte de produtos. Além disso, o transporte de K⁺ participa de respostas ao estresse abiótico (Wang et al., 2020). Neste sentido, o potássio por ser o segundo macronutriente mais absorvido pelas plantas, pode limitar a resposta da produção de forrageiras, principalmente as de maior exigência nutricional (Reis et al. 2024).

Portanto, objetivou-se avaliar a distribuição espacial dos atributos do solo em áreas com pasto.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Estância Buby Dila de 21,22 ha, localizada no município de Presidente Venceslau, na região sudeste do Brasil, região oeste do Estado de São Paulo. Localiza-se na latitude de 21°47'10,85" Sul e longitude de 51°53'04,63" Oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw (clima tropical com estação seca de inverno) com altitude média de 329 m.

A área apresenta como classe de solo Argissolo Vermelho-Amarelo, com textura arenosa/média, profundo, com relevo suave ondulado/ondulado (Rossi, 2017). Em média possui na camada de 0-0,20 m: 86% de areia, 6% de silte e 7% de argila.

A área de estudo já se encontrava dividida em seis pastagens (Figura 1), sendo três unidades com *Panicum maximum* cv. Mombaça (Pastagem 3, 4 e 5) e três com pasto de *Brachiaria brizantha* cv. MG-4 (Pastagem 1, 2 e 6), que estão divididas da seguinte forma:

- Pastagem 1: MG-4 área total de 4,56 ha;
- Pastagem 2: MG-4 área total de 3,26 ha;
- Pastagem 3: Mombaça área total de 4,0 ha;
- Pastagem 4: Mombaça área total de 2,74 ha;
- Pastagem 5: Mombaça área total de 3,12 ha;
- Pastagem 6: MG-4 área total de 3,53 ha.

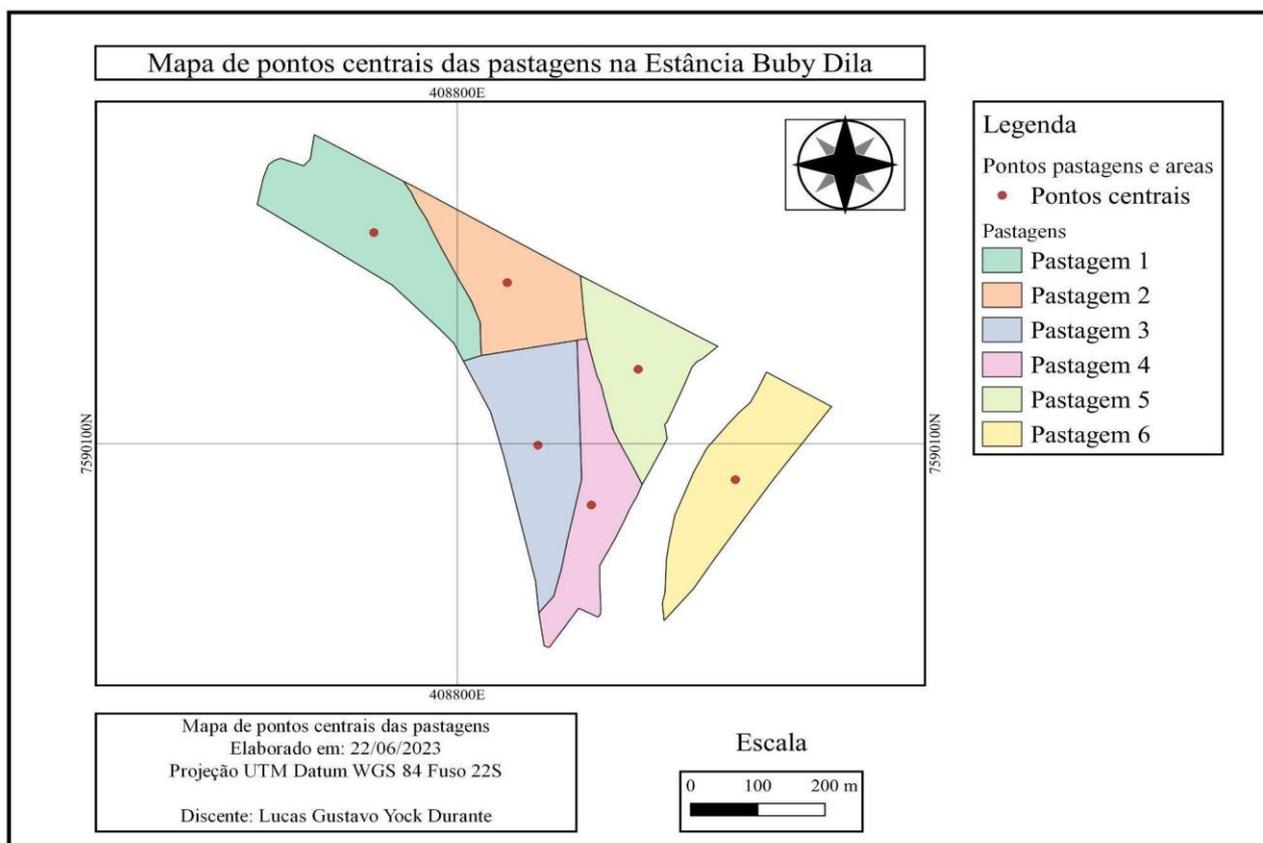
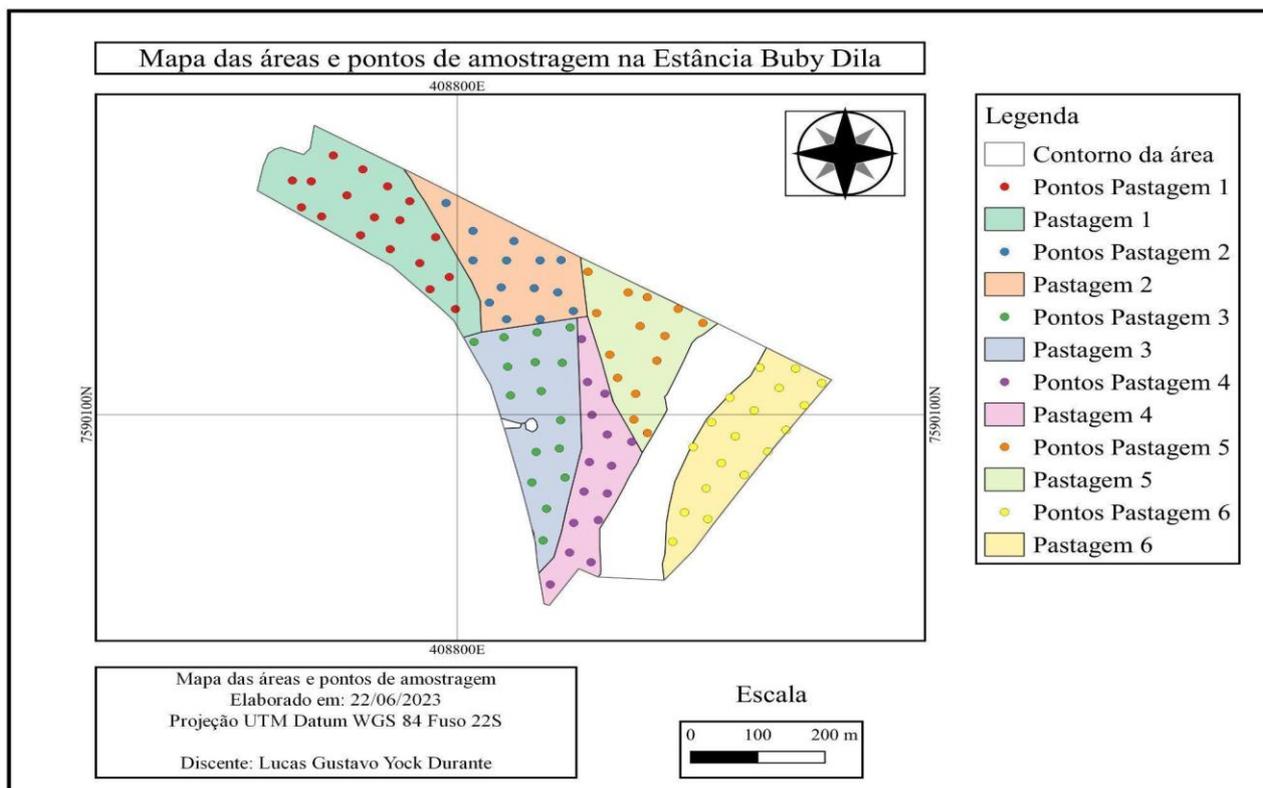


Figura 1. Pontos de coleta das subamostras de solo (superior) e ponto central de cada pastagem (inferior).
 Fonte: Os autores (2024).

Foi realizada a coleta de solo para verificar a concentração dos atributos químicos e a granulometria do solo, sendo amostras realizadas de acordo com a Figura 1, que constituíram em cada

pastagem uma amostra composta (ponto central). As amostras foram coletadas nas camadas de 0 a 10 cm; 10 a 20 cm; 20 a 40 cm e 40 a 60 cm.

Os atributos químicos avaliados analisados foram: potencial hidrogeniônico (pH) com extrator CaCl_2 ; teor de matéria orgânica (MO) pelo método colorimétrico; potássio (K) todos pelas metodologias descritas por Silva (2009). Para o fósforo (P) seguiu a metodologia da Teixeira et al. (2017) e a granulometria. Nos resultados enviados pelo laboratório, constavam: capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC) e saturação por bases (V%).

A partir destes resultados, foi possível elaborar os mapas de distribuição espacial para granulometria e atributos químicos do solo, utilizando os padrões de referências indicados por Souza e Lobato (2004) para a interpretação dos atributos químicos.

As recomendações para calagem, fósforo e potássio foram baseadas em Sousa e Lobato (2004). Para a calagem utilizou-se o método de saturação por bases, conforme equação 1. Definindo a saturação desejada como 60%, Sousa e Lobato (2004) e PRNT - Poder Relativo de Neutralização Total do corretivo de acidez do solo de 80%.

$$\text{NC (Mg ha}^{-1}\text{)} = [(V2 - V1)/100] \times \text{CTC} \times f \quad (1)$$

em que:

V2 = Saturação por bases que se deseja;

V1 = $\text{SB}/\text{T} \times 100 =$ Saturação por bases atual;

$\text{CTC} = (\text{H} + \text{Al} + \text{SB}) \text{ Cmolc dm}^{-3}$;

$\text{SB} = (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}) \text{ Cmolc dm}^{-3}$;

f = Fator de correção ($f = 100 / \text{PRNT}$ - Poder Relativo de Neutralização Total).

Para o fósforo a recomendação para solos com menos de 15% de argila corresponde à 80, 50, 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 , quando a disponibilidade é muito baixa, baixa e média, respectivamente (Souza & Lobato, 2004).

Para o potássio as recomendações de adubação ocorrem quando os valores nos solos estão baixos e médio. Quando a CTC é maior que $4,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$ as doses irão variar de 20 a 40 kg ha^{-1} de K_2O , em classes baixas e médias, respectivamente (Souza & Lobato, 2004).

A recomendação de gesso foi baseada no teor de argila do solo vezes 50.

Os dados obtidos do solo foram espacializados utilizando a forma de apresentação utilizada na Agricultura de Precisão como “célula”, em que cada pastagem representa uma célula, ou seja, não houve interpolação entre os pontos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na camada de 0-10 cm a porcentagem de areia variou em ordem crescente de 83-86% na pastagem 1, 86-89% nas pastagens de 2, 3, 5 e 6; e de 89-92% na pastagem 4 (Figura 2). Nas camadas

mais profundas, 10-20 cm, os valores de areia foram de 80-83% na pastagem 6 e 89-92% nas pastagens 2 e 4. Na camada de 20-40 cm de 76-80% areia na pastagem 3 e 86-89% areia nas pastagens 2 e 4. E na maior profundidade avaliada no experimento, 40-60 cm, os valores de areia variaram de 86-89% na pastagem 4 e de 76-80% nas pastagens 1, 3 e 6 (Figura 2). Observa-se que as camadas mais superficiais do solo, a fração de areia, como sendo de maior, em comparação a argila. Isso se deve pelo menor movimento das partículas de areias, sendo os grãos de areia estruturas de quartzo.

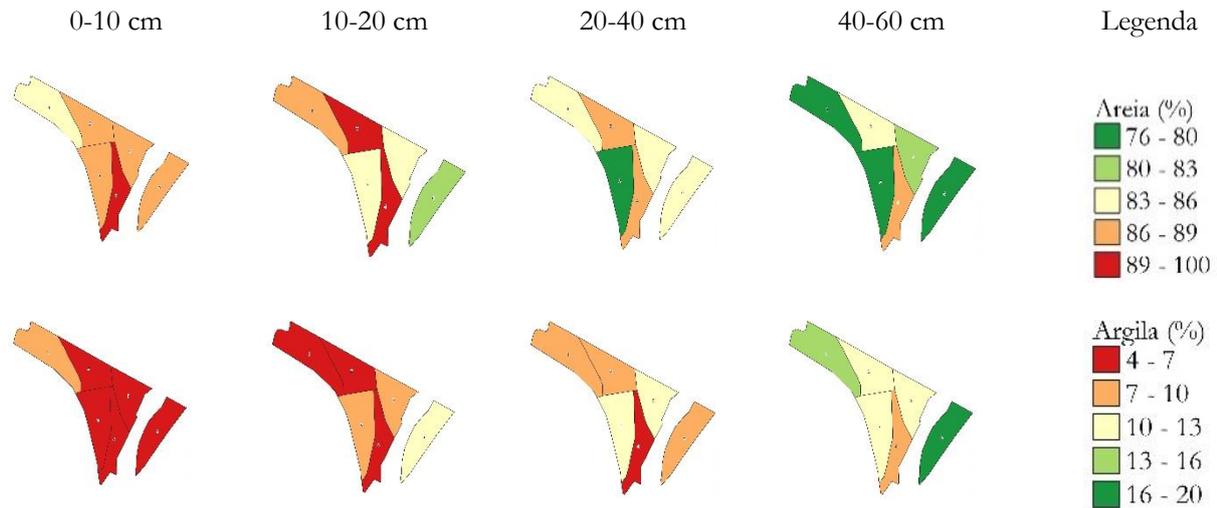


Figura 2. Espacialização da granulometria. Fonte: Autor (2024).

O inverso acontece para as frações de argila no solo, que tendem a aumentar com o incremento na profundidade da coleta das amostras. Os valores de argila na camada de 0-10 cm variaram de 4-7% nas pastagens e 7-10% na pastagem 1 (Figura 2). Na camada de 10-20 cm já foram encontrados valores de 10-13% na pastagem 6. E na última profundidade avaliada, 40-60 cm, os valores de argila variaram de 7-10% na pastagem 4 e de 16-19% na pastagem 6 (Figura 2).

É possível observar valores de areia que diminuem e a argila aumenta com a variação na profundidade do solo, principalmente a partir da camada de 20-40 cm até 40-60 cm. Esta característica está associada com o solo e o manejo adotado nesta área, com uso de arado de disco, que chega aos 30 cm de profundidade. O teor de argila, são maiores nos terços inferiores.

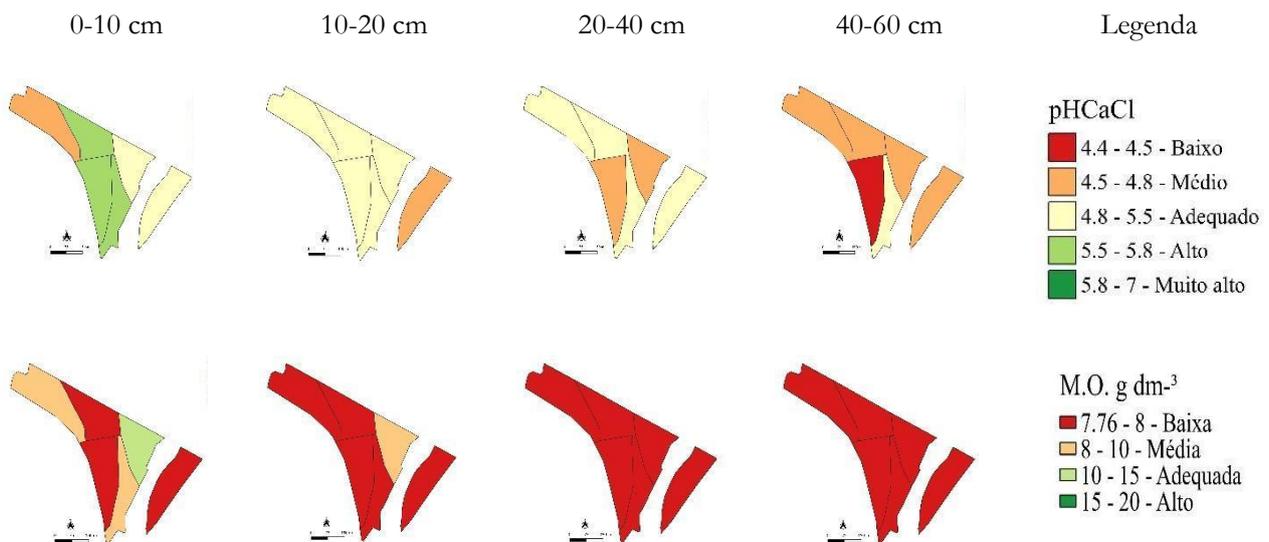
Com relação às características físicas, a composição granulométrica revela o elevado teor de areia na superfície e o acréscimo de argila em profundidade. O maior teor de areia encontrado por Oliveira et al. (2022) foi de 77%, enquanto no presente trabalho foi de 92%. Isso se deve aos horizontes superficiais estão mais susceptíveis ao intemperismo e o quartzo é um mineral presente na fração areia e muito resistente ao intemperismo. E os solos com caráter eutrófico, tem elevada saturação por bases no horizonte. Associado com o clima tropical com períodos de seca no inverno, também contribui para que os cátions básicos não sejam lixiviados (Oliveira et al., 2022). Solos arenosos possuem estrutura granular, pouca ou nenhuma coesão, pequena capacidade de retenção de água, nutrientes e matéria orgânica. O

que leva a observar a necessidade de práticas conservacionistas, para minimizar o surgimento de pastagens, com indícios de degradação.

Na Figura 3 os valores do pH variaram de alto e médio valor na camada de 0-10 cm, respectivamente nas pastagens 2, 3 e 4, e na pastagem 1. Nas amostras de 10-20 cm de profundidade, os valores foram adequados para as forrageiras, menos para a pastagem 6, com valor médio, pH 4,5-4,8. Na camada de 20-40 cm com resultados adequados para as pastagens 1, 2, 4 e 6 e valores médios de pH para as pastagens 3 e 5. E na última camada, 40-60 cm de profundidade, pastagem 4 ficou com nível adequado de pH, pastagem 3 com nível baixo de pH e o restante das pastagens com pH nível médio (Souza & Lobato, 2004).

A matéria orgânica (M.O.) do solo é identificada nas camadas superficiais, em vista que não ocorre facilmente seu deslocamento em profundidade, observado que a partir dos 20 cm de profundidade a quantidade está baixa (Figura 3). Nas coletas das amostras de solo, a pastagem 5 com a forrageira Mombaça se destacou com os melhores valores de adequado e médio teor de M.O., nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente. Um dos motivos desse resultado é pelo qual a M.O. não se movimenta no solo, apenas com revolvimento do solo, mecânico/biológico, para chegar a maiores profundidades. E este acúmulo de matéria orgânica no solo é devido ao manejo da pastagem, que pode ser aumentado quando se mantém a altura adequada.

A quantidade de fósforo (P) no solo é muito baixo no geral para todas as camadas de estudo, somente a pastagem 5 foi classificado como baixo na camada de 0-10 cm (Figura 7). Nas demais camadas estudadas, 10-20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade, os valores foram muito baixos, 0,42-6 mg dm⁻³ de P. Isso demonstra a necessidade de correção desse nutriente no solo.



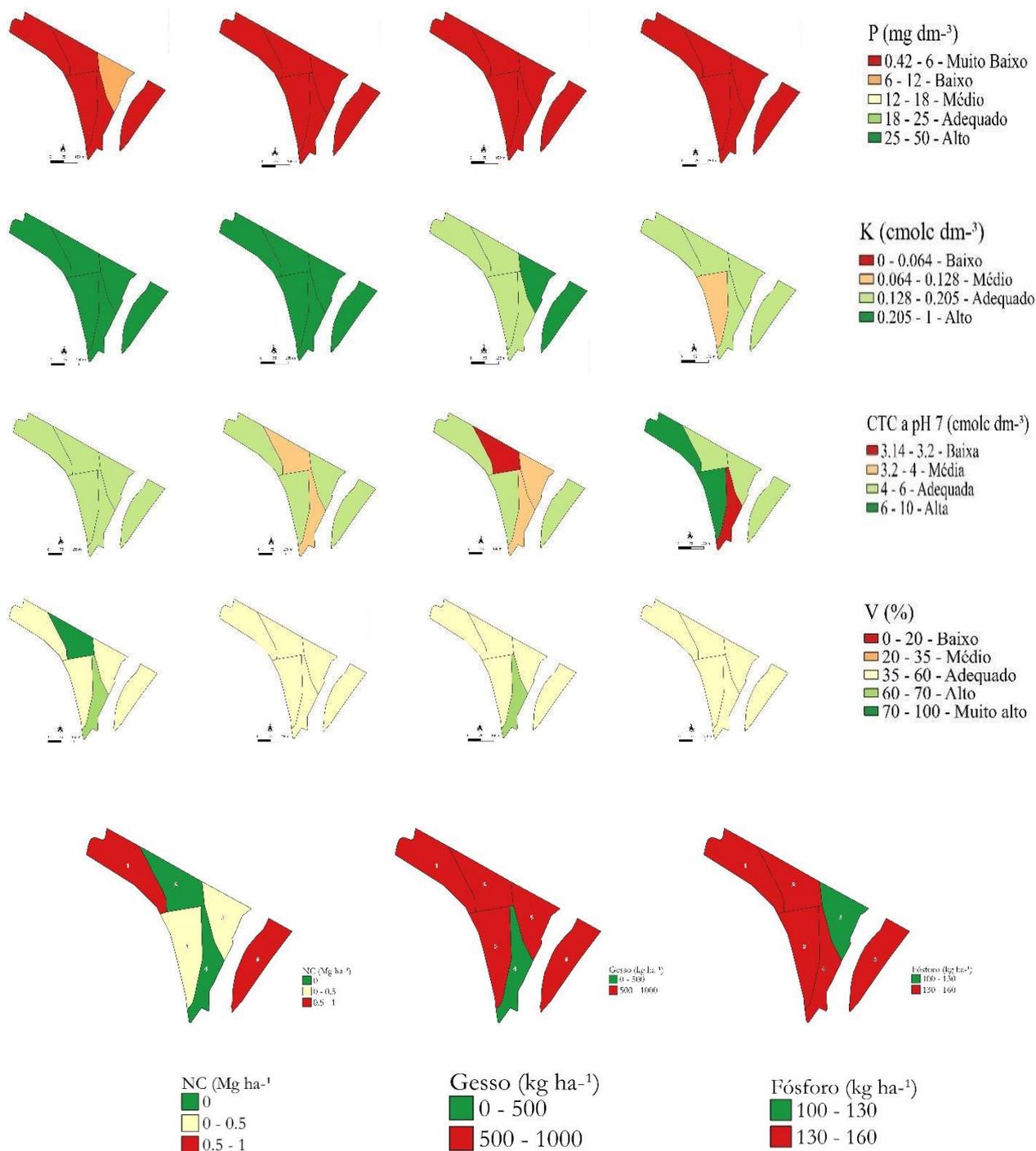


Figura 3. Espacialização dos atributos da fertilidade do solo e recomendações de calcário (NC), gesso e fósforo. Legenda com base em (Souza & Lobato, 2004). Fonte: Autor (2024).

Os valores de potássio (K) no solo, ao contrário do P, estavam elevados nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, classificado como alto para todas as pastagens (Figura 3). Valores que foram diminuindo com a profundidade das camadas, em amostras de 20-40 cm, as pastagens 1, 2, 3 e 4 passaram para o nível adequado de K no solo. Para a camada de 40-60 cm de profundidade a pastagem 3 teve valor médio de K.

A capacidade de troca de cátions (CTC) do solo estava nos teores adequados para as forrageiras na camada de 0-10 cm, avançando com a profundidade do solo, os valores de CTC foram diminuindo, para médio nas pastagens 2 e 4 nas camadas de 10-20 cm de profundidade (Figura 3). Para a camada de 20-40 cm de profundidade, a CTC foi adequada, nas pastagens 1, 3 e 6, médio valor nas pastagens 4 e 5 e a pastagem 2 apresentou baixo valor da CTC no solo. Na camada de 40-60 cm a CTC, na pastagem 4, apresentou valores abaixo do recomendado para as forrageiras em geral.

No geral, a saturação de base (V%) nas pastagens, já estavam com valores adequados ou muito altos. Não sendo necessário a calagem para o aumento do V%. Considerando a distribuição dos dados de fertilidade do solo da Figura 3, os valores da saturação (V) e potássio (K) estão adequados a alto, e o V% para espécies exigentes como os *panicus* (Mombaça), é recomendado faixa de 50 a 60% de saturação de base (Souza & Lobato, 2004).

A importância da adubação de correção e manutenção é necessária para o bom manejo da pastagem, que interfere nos parâmetros como na variável altura de plantas. A correção da acidez contribui com a disponibilidade de P do solo, que é beneficiada pelas culturas, até mesmo em culturas tolerantes à acidez elevada do solo (Souza & Lobato, 2004).

Para a variável potássio (K), na camada de 00-20 cm foi de 0,12 cmolc dm⁻³ e na camada de 20-40 cm de 0,07 cmolc dm⁻³, sendo essa maior concentração de potássio na camada mais superficial, pode ser explicada pelo fato dos níveis de M.O., também ter uma maior concentração nessa camada (00-20 cm), auxiliando assim na maior concentração desse mineral, uma vez que nesta camada há maior interação de atividade microbiana e com isso maior ciclagem de nutrientes (Oliveira et al., 2022).

O bom manejo das pastagens só é possível com a adequada correção dos défices nutricionais do solo, que fica evidente na Figura 3.

Considerando os valores ideais para as forrageiras mais exigentes de 60% para a saturação de base (V%), foi feito o cálculo com base nos dados para a camada de 0-20 cm de profundidade. Sendo recomendado a aplicação de calcário na pastagem 3 e 5 com um total de 500 kg ha⁻¹, e de 500 a 1000 kg ha⁻¹ nas pastagens 1 e 6 (Figura 3).

A necessidade de gesso foi calculada com base em 50 vezes o valor de argila do solo (Souza & Lobato, 2004), sendo necessário 500 kg ha⁻¹ na pastagem 4, de 500 a 1000 kg ha⁻¹ de gesso nas demais pastagens, sendo de importância para correção de alumínio e adição de enxofre. A necessidade de fósforo no solo (P₂O₅) está com doses recomendadas de 160 kg ha⁻¹ na maioria das pastagens e de 100 kg ha⁻¹ na pastagem 5 (Figura 3).

Com o manejo da fertilidade do solo, a aplicação de doses de calcário, que inicialmente são maiores e vão gradativamente reduzindo ao longo tempo. O que foi observado por Bernardi et al. (2019), que no último ano da avaliação, a maior parte da área indicou necessidades de doses baixas de calcário (até 1 Mg ha⁻¹) com alguns pontos chegando a 1,5 Mg ha⁻¹, e indicam que o solo foi sendo gradativamente corrigido. A recomendação para adubação fosfatada na 1ª safra (2015/6) indicava doses elevadas de

superfosfato simples ($> 500 \text{ kg ha}^{-1}$) em mais de 80% da área (Bernardi et al., 2018), que foi valor próximo necessário neste experimento.

Barbieri et al. (2022) em sistema convencional, verificaram que necessitou de aplicações de adubos com o recomendado de 60 kg ha^{-1} de nitrogênio, 30 kg ha^{-1} de fósforo, 40 kg ha^{-1} de potássio e 20 kg ha^{-1} de enxofre. Já no sistema de agricultura de precisão, apenas a NK foi calculada de acordo com as zonas específicas de manejo apresentadas pela dependência espacial encontrada na análise geoestatística. A recomendação da NK no sistema agricultura de precisão foi de 30 kg ha^{-1} em 18,87% da área total; 20 kg ha^{-1} em 47,53% da área total; 10 kg ha^{-1} em 30,36% da área total; e em 3,25% da área total (0,10 ha) nenhuma adubação recomendada, totalizando $56,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (Barbieri et al., 2022).

CONCLUSÕES

A distribuição espacial dos dados de granulometria e fertilidade variaram em as pastagens na propriedade, evidenciando a necessidade de manejo isolado de cada parte.

Com relação às características físicas, a composição granulométrica revela o elevado teor de areia na superfície e o acréscimo de argila em profundidade.

A concentração de matéria orgânica e fósforo é baixa na área de maneira geral. Considerando a espacialização dos dados de fertilidade do solo, os valores da saturação (V) e potássio (K) estão adequados a alto, como o V% para espécies exigentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbieri, R. S., Troleis, M. J. B., Souza, P. T. De., Rodrigues, B. H. V., Sabbag, O. J., Montanari, R. (2022). Análise técnico-econômica de sistemas de recuperação de pastagens de *Urochloa brizantha* CV. Marandu. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 15, e8380.
- Bernardi, A. C. De C., Bueno, J. O. De A., Laurenti, N., Santos, K. E. L., Alves, T. C. (2018). Efeito da calagem e fertilizantes aplicados à taxa variável nos atributos químicos do solo e custos de produção de pastagem de capim tanzânia manejadas intensivamente. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 12, 368-382.
- Bolfe, E. L., Victoria, D. C., Sano, E. E., Bayma, G., Massruhá, S. M. F. S., Oliveira, A. F. (2024). Potential for agricultural expansion in degraded pasture lands in Brazil based on geospatial databases. *Land*, 13, 1 -17.
- Cabral, C. E. A., Cabral, C. H. A., Santos, A. R. M., Motta, A. M., Mota, L. G. (2021). Impactos técnico-econômicos da adubação de pastos. *Pesquisas agrárias e ambientais*, 9, 173 – 181.
- Duarte, C. F. D., Paiva, L. M., Fernandes, H. J., Biserra, T. T., Fleitas, A. C. (2019). Capim tropical manejado sob lotação intermitente, submetido a fontes de fósforo com diferentes solubilidades, associados ou não à adubação com nitrogênio. *Ciência animal brasileira*, 20, 1 – 15.

- Nascimento, D. B., Lopes, M. L. S., Izidro, J. L. P. S., Bezerra, R. C. A., Gois, G. C., Amaral, T. N. E., Dias, W. S., Barros, M. M. L., Oliveira, A. R. S., Sobrinho, J. L. F., Coêlho, J. J. (2023). Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. *Ciência animal brasileira*, 25, 76743.
- Nunes, J. O., Pompeu, R. C. F. F., Bueno, L. G., Tavares, R. K. O., Clark, M. V. G., Sagrilo, e., Oliveira júnior, J. O. L., Souza, H. A. (2023). Response of urochloa mosambicensis genotypes to phosphorus fertilization in soil with low phosphorus levels. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, 24, 01 – 14.
- Oliveira, P. S., Hott, M. C., Andrade, R. G., Magalhães Junior, W. C. P. (2023). Aplicações da agricultura de precisão em pastagens. Embrapa, Circular 127, Juiz de Fora, MG, 1 -29.
- Oliveira, T. G. De., Gomes, M. B., Carratore, R. R. D., Tarsitano, R. A., Silva, V. L. (2022). Produção de forrageira e atributos físicos e químicos de solo em áreas de pastagens degradadas de Barra do Garças - MT. *Scientific electronic Archives*, 15, 50-55.
- Reis, L. T. S., Alencar, N. M., Oliveira, H. M. R., Carneiro, R. S., André, T. B., Santos, A. C. (2024). Adubação potássica de cultivares de *Megathyrus maximus*. *Nativa*, 12, 97 – 101.
- Reis, L., I., P. (2021). *Adubação nitrogenada foliar sobre a produção de pastagens: revisão de literatura*. 30 f. Monografia Graduação (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal do Tocantins – TO.
- Ribeiro Filho, R. B., Oliveira, C. H. R., Oliveira, F. B., Dan, M. L., Burak, D. L., Angelos, J. S., Conceição, M. E. M., Zucolotto, M. Z., Souza, A. C., Marques, J. A. (2024). Evaluation of chemical attributes of soils: definition of management zones in silvipastoral system. *Ambiente & água*, 19, e2957.
- Rossi, M. (2017). *Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado*. São Paulo: Instituto Florestal. 118 p.
- Santos, M. E. R., Martuscello, J. A. (2022). Seu dinheiro é capim. São Paulo: Reino Editorial. 232 p.
- Silva, F. C. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa. 627 p.
- Souza, D. M. G., Lobato, E. (2004). *Cerrado: Correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa. 416 p.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, G. K., Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. Brasília: Embrapa. 574 p.
- Wang, Y., Chen, Y. F., Wu, W. H., Potassium and phosphorus transport and signaling in plants. (2020). *Journal of Integrative Plant Biology*, 63, 34 – 52.

Características químicas do solo após a aplicação de doses de pó de rocha basáltica, em área cultivada com bananeira cv. Nanica

Recebido em: 13/09/2024

Aceito em: 23/09/2024

 10.46420/9786585756433cap2

Angélica Araújo Queiroz 

Victoria Felício Santos 

INTRODUÇÃO

De acordo com a SAE (2020), o Brasil consome aproximadamente 8% dos fertilizantes minerais produzidos no mundo, sendo o 4º país que mais consome. Nossa produção agrícola é muito importante para a economia nacional, sendo que oito dos dez produtos mais exportados no ano de 2019 foram do agronegócio, e isso explica a alta demanda por fertilizantes.

O elevado custo de utilização dos fertilizantes minerais é hoje uma das dificuldades encontradas no setor agrícola, e quando se considera estabelecimentos pequenos, familiar ou subdesenvolvidos, o despreparo tecnológico e o baixo poder aquisitivo dos agricultores também se tornam fatores limitantes ou impeditivos ao seu uso (Lapido-loureiro, Melamed & Figueiredo Neto, 2008).

Depender quase que exclusivamente da importação de fertilizantes de outros países coloca o Brasil em uma situação delicada. As principais barreiras para produção interna de fertilizantes no Brasil são o alto custo e indisponibilidade de reservas minerais consideráveis, tornando um desafio o aumento da capacidade produtiva tanto pelos setores públicos quanto pelos privados (Marin, Martha Júnior, Cassman, & Grassini, 2016).

Para amenizar essa questão, Rajão, Manzolli, Soares-Filho e Galéry, (2022), Lapido-Loureiro et al. (2008) e Alovisei et al. (2021) comentam sobre o uso de pó de rocha (rochagem) como complemento a adubação de culturas, pois trata-se de um produto natural com solubilidade mais lenta, e pluralidade de nutrientes.

A rochagem, portanto é, uma tecnologia que busca reduzir o uso desenfreado dos insumos químicos, vista como um processo auxiliar no rejuvenescimento ou remineralização do solo, devido alterar positivamente os parâmetros de fertilidade, mas não afetando o equilíbrio ambiental, portanto, existe uma junção de dois problemas causados ao ambiente –mineralização : com excesso de rejeitos e a agricultura: utilização excessiva de produtos sintéticos (Theodoro, Leonardos & Almeida, 2010).

A utilização de pó de rocha nossistemas convencionais e orgânicos de produção de banana pode ser viável economicamente em razão da demanda da cultura e dos elevados preços das fontes potássicas (cloreto e sulfato de potássio) Martins et al. (2010).

A utilização de pó de rochas ou rochagem apesar de não ser um conceito novo tem sido objeto de pesquisas oficiais e de portfólios de empresas, principalmente depois que o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013 e a Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016, regulamentaram a produção, registro e comércio do pó de rocha na agricultura, atualmente chamado de “Remineralizadores“, sendo o material de origem mineral que tenha passado apenas por redução e classificação de tamanho por processos mecânicos que altere os índices de fertilidade do solo, por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas e/ou da atividade biológica do solo, além das quantidades máximas permitidas de contaminantes como o Arsênio (As), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb), além de servir como parâmetro comparativo na prospecção de novos recursos (Brasil, 2016).

O uso de remineralizadores tem potencial para reduzir a dependência de insumos externos e melhorar a eficiência na manutenção da fertilidade do solo através da lenta e gradual diminuição do uso de fertilizantes industriais, em manejos que permitam o incremento de matéria orgânica no solo e promovam condições favoráveis para a sobrevivência e estabelecimento de microrganismos do solo em geral, que através de ácidos orgânicos, contribuem para a solubilidade de nutrientes e, em especial, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que podem acelerar o processo de intemperismo, desde que estejam em contato direto com o pó de (rocha) rochagem, assim, possivelmente se beneficiar de um maior efeito residual e liberação gradativa de nutrientes para a solução do solo (Edward, Paula & Gatto, 2016).

Klein (2020) testou doses crescentes de pó de basalto em dois Latossolos Distroférricos Vermelhos sendo um de textura argilosa e outro de textura média e constatou que houve melhora significativa nos atributos químicos do solo de textura média, enquanto, o solo de textura argilosa por apresentar maior fertilidade natural não apresentou respostas significativas para a maioria dos atributos químicos do solo.

Melo, Cátia, Uchôa e Dias (2012) relataram em sua pesquisa que a dose de 50 t ha⁻¹ de basalto proporcionou a máxima redução da acidez ativa, elevando o pH em água de 4,8 até 5,5, promovendo aumento nos teores de cálcio, magnésio, zinco, ferro e cobre no solo e, que o efeito da adição das doses de basalto apresentou, também, maior eficiência para a neutralização da acidez potencial, de forma que o pó de rocha basáltica possa ser considerado como uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo, dependendo da composição, granulometria do pó de rocha e condições do solo.

Em estudo com mármore moído, Novelino, Marchetti, Vitorino, Mauad e Hoffmann (2008) observaram incrementos no pH, cálcio, magnésio e na saturação por bases.

Groth, Bellé, Bernardi e Borges Filho (2017) ao estudarem o efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento de plantas de alface e na dinâmica populacional de insetos fitófagos, verificaram que

o pó de basalto supre as necessidades minerais dos solos e também favorece a diminuição populacional de insetos fitófagos na cultura de alface.

Por se tratar de um insumo utilizado em sua forma desintegrada, porém, com características químicas mantidas intactas, torna-se muito necessário atentar-se à sua composição, para evitar possíveis contaminantes. Martinazzo et al. (2020) comentam que devido a considerável variabilidade nos teores de metais pesados nas rochas, é complexo, porém necessário, estabelecer limites máximos desses metais nos produtos que serão destinados ao uso como insumo agrícola.

A partir de estudos bibliográficos, infere-se que os benefícios do pó de basalto não são perceptíveis no primeiro ano, mas sim com uma aplicação consistente e ao decorrer dos anos (Moraes, 2021).

A partir disso, entende-se que o pó de basalto é um fertilizante alternativo que apresenta indícios de ser uma boa fonte de nutrientes, porém é necessário um tempo considerável para que ocorra a liberação dos nutrientes presentes no material em estudo por se entender que é um fertilizante com disponibilização mais lenta e gradual.

Assim, o objetivo principal do presente trabalho foi de determinar o efeito de doses de pó de rocha basáltica associadas ao não a material orgânico, nas características químicas do solo em área cultivada com bananeiras cv. Nanica, após 10 meses de cultivo na área.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Marimbondo em área estabelecida em dezembro de 2021 com a cultura da banana cv. Nanica, na zona rural do município de Uberlândia-MG. A área está localizada em 18°52'33" S e 48°06'30" W e a 700 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima é caracterizado com AW (tropical quente e úmido e inverno frio e seco), temperatura média anual de 28°C.

Os atributos químicos do solo na camada de 0 a 30 cm antes da implantação do experimento apresentou os seguintes atributos químicos: pH (em H₂O) 5,5; 5,9 mg dm⁻³ de P (Mehlich⁻¹), 454 mg dm⁻³ de K⁺, 7,09 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺, 2,70 cmolc dm⁻³ de Mg²⁺, 2,2 cmolc dm⁻³ de H + Al, 83% de V, 13,15 cmolc dm⁻³ de CTC total e 2,2% de M.O. A composição granulométrica do solo é de 420 (g kg⁻¹) de areia total, 130 (g kg⁻¹) de silte e 450 (g kg⁻¹) de argila, classificado como textura argilosa.

Antes da instalação do experimento, a área foi adubada previamente com adubo fosfatado, fosfato monoamônico (MAP) na dose de 200 g cova⁻¹. A adubação de formação foi realizada com o formulado (N-P-K) 14-07-28 na dose de 150 g planta⁻¹, e uma adubação complementar antes da instalação do projeto com o formulado (N-P-K) 20-25-20 na dose de 150 g planta⁻¹ juntamente com uma fonte de fósforo superfosfato simples (SSP) na dose de 50 g planta⁻¹.

A caracterização química do pó de rocha basáltica utilizado no experimento pode ser observada na Tabela 1. O pó de rocha utilizado tinha a granulometria de 1 mm de diâmetro, e, portanto, classificado como “filler”.

Tabela 1. Caracterização química do pó de rocha basáltica, utilizado no experimento, na base úmida. Fonte: elaborada pelas autoras (2024).

Óxidos analisados na base úmida (%)	Pó de rocha – basáltica Granulométrica de 1 mm
SiO ₂	50,51
TiO ₂	3,29
Al ₂ O ₃	12,31
Fe ₂ O ₃	13,43
MnO	0,19
MgO	5,20
CaO	8,31
Na ₂ O	2,08
K ₂ O	1,67
P ₂ O ₅	0,42
SOMA	99,24

O delineamento experimental do trabalho foi em blocos casualizados em esquema fatorial 6x3 com quatro repetições, onde foram aplicadas quatro doses de pó de rocha basáltica em t ha⁻¹ mais duas de matéria orgânica – esterco de ave em mistura com pó de rocha (3, 6, 9, 12 e 5L e 20L de esterco de ave), com três épocas de amostragem de solo. As seguintes quantidades de pó de rocha basáltica /planta (kg) foram utilizadas: T1 = 2,7 kg; T2 = 5,41 kg; T3 = 8,12 kg; T4 = 10,83 kg; T5 = 5,41 kg + 20L de esterco de ave e T6 = 5,41 + 5L de esterco de ave.

Os tratamentos foram aplicados em superfície e ao redor do pé da planta em dezembro de 2021. A unidade experimental era formada por 10 plantas por parcela, sendo duas plantas no início e duas plantas no final da linha como bordaduras, totalizando seis plantas úteis. As amostragens do solo, foram realizadas em julho, outubro e dezembro de 2023, e coletadas na saia da planta, sendo duas amostras simples por planta útil em cada parcela, para compor uma amostra composta, totalizando 24 amostras. A amostragem de solo era realizada em duplicada na área da parcela útil, sendo uma amostra na linha e outra na entrelinha de cultivo da bananeira.

As mudas de bananeiras variedade “Nanica” foram obtidas de laboratório, as quais foram plantas na fase “chifrinho” em julho de 2021 em fileiras duplas (2,2 x 2,2 x 6,0 m), em comprimento de 300 metros lineares com 272 plantas.

Todos os tratos culturais na cultura, durante o período de execução do projeto foram adotados conforme manejo utilizado pelo produtor.

Foram analisadas as características químicas do solo como, pH H₂O, K, Ca, Mg, SB (soma de bases), T (capacidade de troca de cátions total) e V (saturação por bases em %), em duas épocas do ano

de 2022 (junho e setembro), 6 e 10 meses após a aplicação do pó de rocha, com amostragem de solo na profundidade 0-20 cm. A metodologia utilizada para as análises químicas do solo foi conforme EMBRAPA (2017).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey e regressão para as doses, a 5% de probabilidade pelo programa ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos pode-se verificar que houve diferença significativa para os atributos químicos analisados no solo na camada de 0-20 cm (Ca, Mg, K, CTC, pH, SB e V) após a aplicação do pó de rocha basáltica.

Para os teores de CTC, K, SB e V (Tabelas 2 e 3) verificou-se que aos 10 meses, na segunda amostragem, os teores diferiram estatisticamente da primeira amostragem, demonstrando que o tempo interferiu nestes atributos no solo, sendo estes maiores após 10 meses de instalação do experimento.

A CTC à pH 7,00 do solo estava dentro da faixa considerada boa para a fertilidade do solo, entre 8,61-15,00 cmolc dm⁻³ (Ribeiro, Guimarães & Alvarez, 1999), contudo estes valores foram maiores na segunda época de amostragem, e ainda para a CTC, pode-se observar que houve diferença significativa entre as doses de pó de rocha aplicadas no solo (Tabela 2), indicando que houve um incremento na CTC principalmente quando foi adicionado ao pó de rocha na dose de 6 t ha⁻¹ o material orgânico (esterco de ave), sendo estes teores cerca de 16% maior na primeira época e 20% maior na segunda época de amostragem (Tabela 2).

Para os teores de K no solo (Tabela 2), houve um efeito de interação entre as doses de pó de rocha e épocas de amostragens, sendo que aos 10 meses após a aplicação do pó de rocha, os teores de K foram maiores em todas as doses testadas, e na primeira época de amostragem, nas doses de 9 t ha⁻¹ e 6 t ha⁻¹ + 20L de esterco de ave, ocorreram os menores teores de K, 208 e 195,75 mg dm⁻³, respectivamente.

Tabela 2. CTC e K no solo em função das épocas de amostragem após a aplicação de doses de pó de rocha 2022. Fonte: elaborada pelas autoras (2024).

Doses de pó de rocha T ha ⁻¹	CTC – T (Cmolc dm ⁻³) Épocas de amostragem		K (mg dm ⁻³) Épocas de amostragem	
	1	2	1	2
3	10,98	10,76	330,00 A	381,75 A
6	10,67	11,66	360,00 A	380,25 A
9	10,43	10,86	208,00 B	378,25 A
12	10,26	11,64	341,00 A	357,00 A
6+20L	12,39	14,77	195,75 B	364,25 A
6+5L	12,86	13,54	346,00 A	318,25 A
Médias	11,26 b	12,20 a	297,16 b	363,29 a

Regressão Doses	27.2838 **	3.9969 ^{ns}
Teste de F Época	6.8704 *	16.7870 **
Teste F interação	1.0202 ^{ns}	4.4249 **
CV%	10,58%	16,93%

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (**=p<0,01; *= p<0,05). CV= coeficiente de variação, NS= não significativo.

Quanto à classificação do nível de fertilidade do solo, como o solo em questão é de textura argilosa, os teores de K observados são considerados muito bons (> 18 mg dm⁻³) conforme Ribeiro et al. (1999), e na segunda época de amostragem estes teores foram maiores do que na primeira época (363,29 mg dm⁻³).

Segundo Silva, Silva, Silva, Stamford e Macedo (2017), devido à liberação gradativa e lenta de nutrientes do pó de rocha, são promovidas alterações nas propriedades químicas do solo.

De acordo com Von Fragstein e Vogtmann (1988) e os autores Blum et al. (1989 a, b) o pó de rocha libera lentamente grandes quantidades de nutrientes às plantas, podendo elevar a CTC de solos de baixa fertilidade, os teores de cátions trocáveis e o pH do solo. O que observado em parte no presente trabalho, pois, dentro do período de 10 meses apenas a CTC foi maior, e esta pode ter sido influenciada principalmente pelo teor de K encontrado no solo, que foi relativamente alto.

Para a SB, observou-se que os teores estavam acima do indicado como bom para a fertilidade do solo, de acordo com Ribeiro et al. (1999), sendo que a época de amostragem influenciou, sendo maior na segunda época de amostragem, aos 10 meses após a aplicação do pó de rocha (9,76 cmolc dm⁻³), e houve ainda uma influência das doses de pó de rocha na SB (Tabela 3).

Quanto à saturação por bases (V%), esta foi considerada boa (60,1 – 80,0) de acordo com Ribeiro et al. (1999) nas duas épocas de amostragem do solo, sendo maior na segunda época, e as diferentes doses de pó de rocha utilizadas influenciaram na saturação por bases observadas, que foi também influenciada pelas doses testadas no trabalho (Tabela 3 e Figura 1).

Tabela 3. SB e V% no solo em função das épocas de amostragem após a aplicação de doses de pó de rocha 2022. Fonte: elaborada pelas autoras (2024).

Doses de pó de rocha T ha ⁻¹	SB (Cmolc dm⁻³)		V em %	
	Épocas de amostragem		Épocas de amostragem	
	1	2	1	2
3	8,62	8,28	78,00	76,50
6	8,18	9,00	76,25	77,00
9	7,93	8,43	76,25	77,50
12	7,77	9,15	75,50	78,50
6+20L	9,89	12,58	79,75	84,50
6+5L	10,16	11,14	79,00	82,25

Médias	8,75 b	9,76 a	77,45 b	79,37 a
Regressão	26.4876 **		13.4223 **	
Doses	7.6475 **		4.6134 *	
Teste de F	1.2734 ^{ns}		1.0238 ^{ns}	
Época	13,65 %		3,94 %	
Teste F interação				
CV%				

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (**=p<0,01; *= p<0,05). CV= coeficiente de variação, NS= não significativo.

Os resultados encontrados no presente trabalho podem ser também devido à característica física do pó de rocha utilizado, que possuía uma granulometria classificada como “filler”. Para Theodoro, Leonardo, Rocha e Rego (2006) os componentes mais finos, como argila e silte, com tamanhos inferiores a 0,002 mm e entre 0,002 e 0,05 mm, liberam seus principais elementos com maior facilidade, pois devido ao intemperismo ou à abrasão, esses materiais podem se converter em argilominerais de forma mais rápida.

Em estudos de Van Straaten (2006), demonstram que grãos finos de rocha contêm altas proporções de olivina, piroxênios, anfíbios e feldspato plagioclásio, rico em cálcio, bem como baixas concentrações de quartzo livre, os quais têm alta taxa de intemperização natural e que são progressivamente disponibilizados com o incremento das doses aplicadas e do tempo de sua incorporação ao solo.

Segundo Silveira (2016), regiões tropicais que apresentam solos intemperizados com caráter distrófico, alumínico, ácrico, alítico e de pH ácido, condicionam um ambiente favorável para a dissolução de minerais silicatados dos remineralizadores.

Quando se analisou os teores de Ca, Mg e valores de pH em H₂O, estes apresentaram maiores teores e valores na primeira época, quando comparado com a segunda época de amostragem (Tabelas 4).

Os teores de Mg observados no solo, foram considerados como muito bom (>1,50 cmol_c dm⁻³), conforme Ribeiro et al. (1999), sendo que na segunda época estes foram menores que na primeira época, e houve diferença significativa entre as doses de pó de rocha testadas, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Para os teores de Ca no solo obtidos no estudo, pode-se observar que nas duas épocas de amostragens os teores são considerados muito bom (>4 cmol_c dm⁻³) de acordo com Ribeiro et al. (1999), contudo o teor na primeira época foi quase 45% maior que na segunda época. Essa diferença nos teores pode-se devido à absorção deste nutriente ter ocorrido e conseqüentemente diminuído sua disponibilidade no solo na segunda época (Tabela 4). Foi observado ainda um efeito das doses no teor de Ca no solo.

Para o pH os valores, estes estão dentro da faixa considerado alta (6,1-7,0) na primeira época e boa (5,5-6,0) na segunda época de amostragem, conforme Ribeiro et al. (1999). Assim como ocorreu com

o teor de Ca, Mg no solo, para o pH, não foi verificada influência do tempo de contato do pó de rocha com o solo, não ocorrendo efeito residual, além de 6 meses, contudo vale observar que o pH no solo foi maior do o observado na época de instalação do estudo, que foi de 5,5. Esse aumento nos valores de pH, pode evidenciar o efeito corretivo do pó de rocha, o que se torna benéfico para o desenvolvimento das plantas, pois a disponibilidade de nutrientes no solo é aumentada.

Silva, Almeida, Schmitt e Coelho (2012) observaram incrementos no pH do solo, CTC, disponibilidades de nutrientes e redução da saturação de alumínio com uso de pós de rochas. Von Fragstein et al. (1988) relataram que o pH dos solos tendem a aumentar quando do uso de rochas vulcânicas básicas, como basalto, com efeitos mais intensos, corroborando com os dados observados neste trabalho.

Tabela 4. Ca, Mg e pH em H₂O no solo em função das épocas de amostragem após a aplicação de doses de pó de rocha 2022. Fonte: elaborada pelas autoras (2024).

Doses de pó de rocha T ha ⁻¹	pH		Mg (Cmolc dm ⁻³)		Ca (Cmolc dm ⁻³)	
	Épocas de amostragem		Épocas de amostragem		Épocas de amostragem	
	1	2	1	2	1	2
3	5,95	5,90	2,58	2,26	9,97	5,38
6	6,42	5,77	2,20	2,03	9,06	5,17
9	6,35	5,75	2,21	1,92	9,70	5,04
12	6,22	5,75	2,33	1,66	10,37	5,19
6+20L	6,20	5,67	2,57	2,20	11,91	6,76
6+5L	6,17	5,77	2,43	2,05	12,11	7,29
Médias	6,22 a	5,77 b	2,38 a	2,02 b	10,52 a	5,80 b
Regressão Doses	0.2172 ^{ns}		5.6636 *		46.3161 **	
Teste de F Época	51.3079 **		14.6206**		364.9078 **	
Teste F interação	1.9531 ^{ns}		0.4999 ^{ns}		0.6194 ^{ns}	
CV%	3,63 %		15,00 %		10,47%	

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (**=p<0,01; *= p<0,05). CV= coeficiente de variação, NS= não significativo.

Em ensaio de longa duração em florestas no sudeste da Alemanha com o uso de 6 t ha⁻¹ de pó de rochas fonolíticas, verificou-se aumento do pH do solo e fornecimento de potássio e de cálcio suficiente para atender a cultura (Von Wilbert & Lukes 2003).

Segundo Pádua (2012), o pó de basalto possui efeito alcalinizante, que atua na correção da acidez do solo. Isto ocorre, provavelmente, devido a reação dos óxidos de Ca e Mg presentes na composição do material, liberando hidroxilas (OH), ocorrendo a redução da acidez, devido ao aumento do pH.

Perozini et al. (2019) numa avaliação das características agronômicas da cana-de-açúcar, cultivada em doses crescentes do condicionador pó de rocha de origem “basalto gabro”, concluiu que a aplicação do pó de rocha “basalto gabro” como condicionador de solo na cultura da cana-de-açúcar é amplamente

recomendada, uma vez que mantém níveis elevados de produtividade e características químicas favoráveis no solo. Além disso, ele desempenha um papel importante na promoção da agricultura sustentável, sendo facilmente acessível devido à sua produção regionalizada.

Para Malavolta (2006), a disponibilidade de nutrientes é influenciada pela acidez do solo (Figura 7), uma vez que a solubilidade dos compostos minerais e a capacidade de troca de cátions do solo (CTC) estão diretamente relacionadas à atividade hidrogeniônica. A limitação ao desenvolvimento das plantas decorre, principalmente, dos efeitos indiretos do pH, como o aumento da disponibilidade de alumínio e de manganês a níveis tóxicos ou a indução de deficiências de Ca, Mg, P, Fe, Cu e Zn, que prevalecem sobre os efeitos diretos do H⁺ (Marschner, 1995).

Leonardos, Fyfe e Kronberg (1987) mostram que as culturas do feijão (*Phaseolus vulgaris*), do capim napier (*Penisetum purpureum*) e mesmo árvores de crescimento lento responderam positivamente ao uso de pó de rocha.

De acordo com resultados para o teste de regressão, foram obtidos os dados com tendência e comportamento quadrático para a SB, CTC, Ca e Mg no solo, sendo os tratamentos com pó de rocha na dose de 6 t ha⁻¹ em mistura com 20 L de esterco de ave, as que apresentaram os maiores teores de CTC, SB e Ca, indicando que a presença de esterco de ave em mistura com o pó de rocha basáltica, tende a elevar os teores destes atributos químicos no solo (Figura 1).

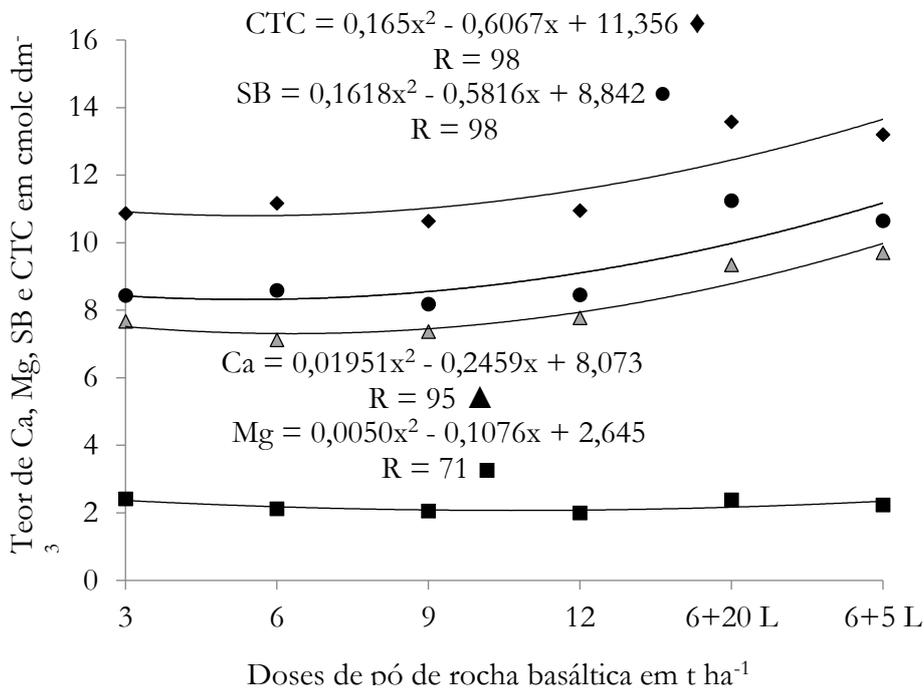


Figura 1. Teores de Ca, Mg, SB e CTC, em função das doses de pó de rocha basáltica. Fonte: elaborada pelas autoras (2024).

Em clima tropical, o uso de pó de rocha tem grande potencialidade, pois as taxas de dissolução dos minerais e as reações entre a superfície dos minerais e a solução do solo são aumentadas sob alta temperatura e regime de umidade alta (Van Straate, 2006).

Para a saturação por bases (V%) os dados tiveram um comportamento linear onde a presença do esterco de ave junto a dose de 6 t ha⁻¹ proporcionou maior V% observado, sendo de 82% e 80% respectivamente, para a mistura com 20L e 5L de esterco de ave, conforme a Figura 2.

Silva et al. (2017), destacam que a associação dos pós de rocha com materiais orgânicos que favoreçam a atividade biológica, pode influenciar no processo de alteração dos minerais.

Writzl et al. (2019) estudando a produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em latossolo, verificaram que a associação de pó de rocha basáltica misturado com cama de frango, promoveu o melhor desenvolvimento das plantas, ou seja, altura, diâmetro de colmo e número de folhas por planta, igualando-se a fertilização química. Os mesmos autores ainda sugerem que a associação de pó de rocha e cama de frango, mesmo em solo com alta fertilidade, pode ser entendido como uma boa alternativa para substituir a fertilização química.

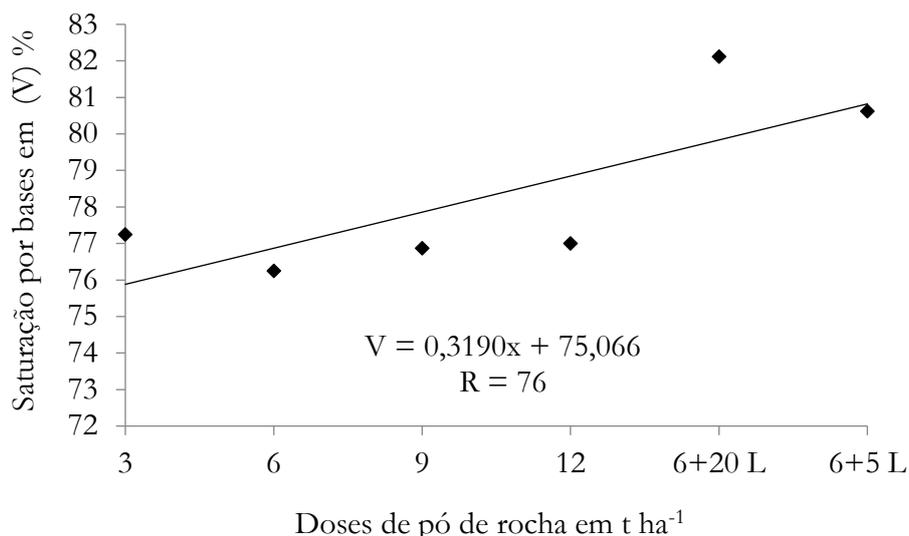


Figura 2. Saturação por bases (V%), em função das doses de pó de rocha basáltica. Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Brugnera (2012) avaliou o uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula (*Eruca sativa* L.) em vasos, aplicando os tratamentos com doses diferentes de pó basáltico, consorciando com cama de aviário e adubo organomineral, após a realização das análises concluiu que o tratamento composto pelo mix de cama de aves e pó de rocha, apresentou resultados muito superiores em todos os quesitos analisados, sendo eles o tamanho de raiz e a produção de massa verde das plantas de rúcula, o que corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho, onde a mistura de pó com esterco de ave proporcionou maiores teores de V%, CTC, Ca, Mg e SB.

Estudos indicam que entre as práticas ou rotas tecnológicas disponíveis, a rochagem pode ser considerada como base para alterar a fertilidade, pois tem como principal função auxiliar na restituição dos constituintes minerais lixiviados ou exauridos pelo uso excessivo ou pelo tempo (Theodoro, Sander, Burbano & Almeida, 2021).

CONCLUSÕES

Conclui-se com o presente trabalho, que o uso de pó de rocha basáltica, pode interferir nas características químicas do solo em área cultivada com bananeira cv. Nanica até 10 meses após a aplicação. Para os teores de Mg e Ca e valores de pH, estes foram maiores aos 6 meses após a aplicação do pó de rocha e, para os teores de K, SB, V% e CTC, estes foram maiores aos 10 meses após a aplicação do pó de rocha basáltica. A dose de 6 t ha⁻¹ de pó de rocha basáltica associada ao material orgânico, esterco de ave na dose de 20L, proporcionou maiores teores de CTC, SB, Ca, Mg e V% indicando que a mistura de pó de rocha com material orgânico pode influenciar nestes atributos.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alovisi, A. M. T. et al. Uso do pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da soja. (2021) *Research, Society and Development*, 10, 6, e33710615599-e337106155. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15599>.
- Blum, W. E. H., Herbinger, B., Mentler, A., Ottner, F., Pollak, M., Unger, E., & Wenzel, W.W. (1989a). Zur Verwendung von Gesteinsmehlen in der Landwirtschaft. I. Chemisch-mineralogische Zusammensetzung und Eignung von Gesteinsmehlen als Düngemittel. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 152: 421– 425.
- Blum, W. E. H., Herbinger, B., Mentler, A., Ottner, F., Pollak, M., Unger, E., & Wenzel, W. W. (1989b). Zur Verwendung von Gesteinsmehlen in der Landwirtschaft. II. Wirkung von Gesteinsmehlen als Bodenverbesserungsmittel. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 152: 427– 430.
- Brasil. Instrução Normativa MAPA N° 05, de 10 de Março de 2016. Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. *Diário Oficial da União*: sessão1. Brasília, DF, p. 10, 14 mar. 2016.

- Brugnera, R. L. (2012). Avaliação do uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Agrônômica) -Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu.
- Edward, W. O., Paula, A. M., & Gatto, A. (2016). Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017). Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa.
- Groth, M.Z., Bellé, C., Bernardi, D., & Borges Filho, R.C. (2017). Pó-de-basalto no desenvolvimento de plantas de alface e na dinâmica populacional de insetos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 16, 4, 433-440.
- Klein, Z. H. L. (2020). Alteração nos atributos químicos do solo após aplicação de pó de basalto como remineralizador. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá.
- Lapido-Loureiro, F. E. V., Melamed, R., & Figueiredo Neto, J. (2008). *Anais Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: CETEM/Petrobrás, p. 149-172.
- Leonardos, O. H., Fyfe, W. S., & Kronberg, B. I. (1987). The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers. *Chemical Geology*, 60:361-370.
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 631p.
- Marin, F. R., Martha Júnior, G. B., Cassman, K. G., & Grassini, P. (2016). Prospects for increasing sugarcane and bioethanol production on existing crop area in Brazil. *BioScience Journal*, 66, 4, 307-316. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biw009>.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 888 p.
- Martinazzo, R. et al. (2020). Micronutrientes e metais pesados em agrominerais: caracterização de rochas do Escudo sul-rio-grandense e da Bacia do Paraná. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 49 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1516-8840, 488).
- Martins, C. E., Rocha, W. S. D., Souza Sobrinho, F., Brighenti, A. M., Miguel, P. S. B., Araújo, J. P. M., Oliveira, A.V. de, Souza, F. A. M. de, Borges, R.A., & Souza, R. C. V. (2010). Rochas silicáticas e a produtividade de sorgo na entressafra de um sistema de integração lavoura-pecuária. In: Congresso Brasileiro De Rochagem, 1., 2010, Planaltina. Anais... Planaltina: Embrapa Cerrados, 265-270.
- Melo, V. F., Cátia, S., Uchôa, P., Dias, F. D. O. (2012). Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Ama-relo distrófico da savana de Roraima, *Acta Amazonica*, 42(4), 471–476.
- Moraes, L. N. (2021). *Uso de pó de rocha na agricultura brasileira*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília.

- Novelino, J. O., Marchetti, M. E., Vitorino, A. C. T., Mauad, M., & Hoffmann, N. T. K. (2008). Cálcio e magnésio trocáveis pH e saturação em bases de amostras de solos submetidas a aplicação de mármore triturado. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo de Nutrição de Plantas. Anais. Londrina.
- Pádua, E. J. (2012). Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Perozini, A. C., Almeida Junior, J. J., Smiljanic, K. B. A., Matos, F. S. A., Oliveira, S. M. A., & Camargo, H. A. (2019). Avaliação das características agrônômicas da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes do condicionador pó de rocha de origem “Basalto Gabro. II Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar, IV Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. p. 6.
- Rajão, R., Manzolli, B., Soares-Filho, B., & Galéry, R. (2022). A crise dos fertilizantes no Brasil: da tragédia anunciada às falsas soluções. Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência. São Paulo.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., & Alvarez V. V. H. (1999). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG, CFSEMG/UFV, 359p.
- SAE - Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. (2020). Produção nacional de fertilizantes. Estudo Estratégico. Desenvolvimento Econômico. Disponível em: https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf Acesso em: 21 janeiro. 2024.
- Silva, A. da, Almeida, J. A., Schimitt, C., & Coelho, C. M. M. (2012). Avaliação dos efeitos da aplicação de basalto moído na fertilidade do solo e nutrição de *Eucalyptus benthamii*. *Floresta*, 42, 1, 69 - 76. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v42i1.26300>.
- Silva, F. A. S. & Azevedo, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 39, 3733-3740. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>.
- Silva, V. N. da, Silva, L. E. de S. F. da, Silva, A. J. N. da, Stamford, N. P., & Macedo, G. R. d. (2017). Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. *Agriculture and Natural Resources*, v.51, p.142-147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anres.2017.01.001>.
- Silveira, R. T. G. (2016). Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade de Brasília- Instituto de Geociências, Brasília, DF.
- Theodoro, S. H., Sander, A., Burbano, D. F. M., & Almeida, G. R. (2021). Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados. *Revista Liberato*, 22(37), 45–58.
- Theodoro, S. H., Leonardo, O., Rocha, E. L., & Rego, K. G. (2006). Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. *Revista Espaço E Geografia*, 9, 2, 263-292. DOI: <https://doi.org/10.26512/2236-56562006e39794>.

- Theodoro, S. H., Leonardos, O. H., & Almeida, E. (2010). Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 1. Brasília. Anais... Planaltina: EMBRAPA Cerrados.
- Van Straaten, P. (2006). Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 78:731-747.
- Von Fragstein, P., Per t l, & W., Vogtmann, H. (1988). Verwitterungsverhalten silikatischer Gesteinsmehle unter Laborbedingungen. Zeitschrift für Pflanzenern.hrung und Bodenkunde, 151:141–146.
- Von Wilbert & K, Lukes, M. (2003). Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulphate in a spruce stand on an acidified glacial loam. Nutrient Cycling Agroecosystems, 65:115–127.
- Writzl, T. C., Canepelle, E., Schmitt Stein, J. E., Kerkhoff, J. T., Steffler, A. D., Weber Da Silva, D., & Redin, M. (2019). Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em Latossolo. Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável, 9(2). DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i2.3077>.

Alface produzido em função de doses de esterco caprino

Recebido em: 30/09/2024

Aceito em: 12/10/2024

 10.46420/9786585756433cap3

Graciele da Silva Santos Rodrigues 

Carlos Alberto Aragão 

INTRODUÇÃO

A Alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça da família Asteraceae, originada na região Asiática. Por volta do ano 4.500 a.C. sendo conhecida no antigo Egito, chegou ao Brasil no século XVI, através dos portugueses. Geralmente cultivada em agricultura familiar de forma intensiva em pequenas propriedades, localizadas em espaço urbano-rural. É a hortaliça folhosa mais difundida atualmente, sendo cultivada em quase todos os países. Seu cultivo é feito de maneira intensiva e geralmente praticado pela agricultura familiar, responsável pela geração de cinco empregos diretos por hectare (Alencar et al, 2012).

É uma cultura produzida em todas as regiões do Brasil e ocupa um lugar de destaque na dieta da população, sendo a salada preferida, apreciada tanto por seu sabor e valor nutricional quanto pela sua acessibilidade financeira para os consumidores (Oliveira et al., 2004). A evolução das variedades de alface, técnicas de manejo, práticas agrícolas, sistemas de irrigação, espaçamentos, métodos de colheita e aprimoramentos na conservação pós-colheita, combinados com mudanças nos hábitos alimentares, têm impulsionado o cultivo da alface, tornando-a a hortaliça de folhas mais consumida em todo o país (Resende, 2007).

Além de serem altamente nutritivas, as hortaliças folhosas desempenham um papel significativo na economia e na sociedade. Elas são uma fonte de emprego e renda ao longo de toda a cadeia de produção. Essas plantas requerem trabalho manual em várias etapas, desde o preparo do solo até a venda, e tem a vantagem de possuir ciclos de crescimento curtos, o que possibilita múltiplos cultivos ao longo do ano (Costa & Sala, 2005).

No Brasil, a área estimada é de 174.061 hectares cultivados com alface, equivalendo 49,9% da produção de hortaliças folhosas (Vilela, 2017).

No Brasil, a produção de alface atinge aproximadamente 671,5 mil toneladas, com uma significativa parcela proveniente da agricultura familiar, o que destaca sua relevância não apenas econômica, mas também social (Kist; Beling, 2023).

Segundo Maistro et al. (2022) pelos resultados alcançados no seu trabalho foi possível verificar que, de 2016 a 2020, foi comercializada cerca de 461 mil toneladas de alface, sendo a região Sudeste a maior fornecedora com mais de 66% de participação, seguidas pela região Sul e Nordeste. Estas três regiões participaram com aproximadamente 98% de todo o abastecimento do país. Nos últimos anos a

qualidade do alimento passou a ser considerado um fator de segurança alimentar e nutricional, sendo assim não só relacionada à produção do alimento em quantidade, mas também à promoção do estado de saúde daqueles que o consomem. Surge, portanto, a preocupação de que não há segurança alimentar se o consumidor não dispuser de produtos sem agentes que possam oferecer risco à sua saúde, sob a forma de contaminação química ou biológica.

O solo ideal para o seu cultivo de uma forma geral é um solo rico em nutrientes, com alto teor de matéria orgânica e uma boa disponibilidade de nutrientes essenciais para a planta. Para se obter uma maior produtividade é necessário incrementar essa área com uso de insumos, com um manejo adequado proporcionando melhores condições físicas, químicas e biológicas do solo (Souza, 2005).

Os adubos Orgânicos são insumos de proveniência vegetal ou animal, incluindo alguns elementos muitas vezes tidos como descartáveis, e desempenham um papel fundamental na prática da agricultura orgânica ou ecológica. Eles são altamente recomendados por sua habilidade em enriquecer solos de baixa fertilidade, tornando-os mais produtivos. Além disso, sua riqueza em nutrientes estimula o aumento da atividade biológica no solo (Peixoto, 2005).

A aplicação de adubos orgânicos é uma estratégia de manejo de grande relevância, uma vez que contribui para o aumento dos níveis de carbono orgânico e nitrogênio total no solo, conforme apontado por Leite et al. (2003). Isso tem um impacto positivo nas propriedades biológicas do solo, como observado por Pires et al. em 2008, ao promover uma série de processos microbiológicos associados à mineralização e liberação de nutrientes para as plantas.

As doses de adubação orgânica recomendadas para a cultura da alface situam-se, geralmente, entre 20 e 50 t. ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco ou composto orgânico e de 12 t. ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco de aves (Fontes, 1999). No entanto, essas doses poderão variar em decorrência da qualidade dos materiais empregados, juntamente com as características do solo e com o tempo de manejo orgânico. Essa variação é saudável, pois indica que os sistemas de produção devem ser gerados para cada situação específica, dentro de seus limites ecológicos, agronômicos e econômicos (Santos, 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), na cidade de Juazeiro-BA (Latitude: 09° 24' 50" S; Longitude: 40° 30' 10" W; Altitude: 368m) em campo no período de março a maio de 2023.

O delineamento adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4x2 correspondendo a adubação orgânica em quatro doses diferentes de esterco de caprinos (0 L m², 2,5 L m², 5,0 L m², 7,5 L m²) e adubação mineral (com e sem), com quatro blocos totalizando 32 parcelas. Cada bloco teve sete parcelas experimentais.

Foram distribuídos da seguinte forma os tratamentos:

T 1- Adubação com Ureia (0,025 g);

T 2- Esterco (2,5 L m²) + Ureia (0,025 g);

T 3- Esterco (5,0 L m²) + Ureia (0,025 g);

T 4- Esterco (7,5 L m²) + Ureia (0,025 g);

T 5- Esterco (2,5 L m²);

T 6- Esterco (5,0 L m²);

T 7- Esterco (7,5 L m²).

Foram realizadas as seguintes etapas na preparação da área: primeiramente, foi efetuada a limpeza do terreno, em seguida, procedeu-se com a aração e o preparo do solo, utilizando tratores e trabalho manual. Durante esse processo, foram confeccionados canteiros com dimensões médias de 1,20 x 1,50m. Quanto ao esterco de caprino, o material foi coletado no aprisco localizado no DTCS/ UNEB.

O sistema de irrigação adotado foi o localizado por micro aspersão, com vazão média de 50 Lh⁻¹ utilizou mangueiras de 16,0 mm e as irrigações foram realizadas diariamente em dois horários (manhã e tarde). O controle das plantas invasoras foi realizado manualmente a cada 7 (sete) dias com o auxílio de enxadas. A colheita foi realizada 40 (quarenta) dias após o plantio, quando as plantas apresentavam o máximo desenvolvimento vegetativo, com rosetas comerciais. As variáveis analisadas foram; altura da parte área (APA) com auxílio de uma trena métrica; diâmetro da parte área (DPA) com uma fita métrica; massa fresca da parte área (MFPA); massa fresca de raízes (MFR) e massa fresca total (MFT) foram obtidas após a colheita das plantas e pesadas com uma balança digital e produção por parcela (PP), também com a utilização de uma balança digital. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si utilizando o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, com emprego do pacote estatístico Agroestat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, é possível verificar que para as variáveis respostas altura de plantas (APA), diâmetro de parte aérea (DPA) e massa fresca de parte aérea (MFPA) os tratamentos com o emprego da uréia associado com a aplicação de esterco de caprinos, foram significativamente superior.

Tabela 1. Dados médios de altura de plantas (APA); diâmetro de parte aérea (DPA); massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca de raízes (MFR) de plantas de alface submetidas à adubação química e orgânica. Juazeiro - BA, 2023.

Tratamentos	APA (cm)	DPA (cm)	MFPA (g)	MFR (g)
T1- Ureia (0,025 g)	19,49BCD	28,03B	648,75A	53,75A
T2- Esterco (2,5 L m ²) + Ureia (0,025 g)	22,72A	37,38A	538,75AB	43,75A
T3- Esterco (5,0 L m ²) + Ureia (0,025 g)	22,47AB	35,69AB	118,29B	48,75A
T4- Esterco (7,5 L m ²) + Ureia (0,025 g)	22,16ABC	33,88AB	720,00A	50,00A
T5- Esterco (2,5 L m ²)	21,33ABC	34,50AB	727,50AB	51,25A

Tratamentos	APA (cm)	DPA (cm)	MFPA (g)	MFR (g)
T6- Esterco (5,0 L m ²)	19,12CD	28,98AB	483,75AB	38,75A
T7- Esterco (7,5 L m ²)	18,23D	28,76AB	660,00A	53,75A

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda na mesma tabela, verifica-se que o esterco também foi importante para o aumento da massa fresca da parte aérea das plantas de alface. Para a massa fresca de raízes, não se constatou efeito significativo entre os tratamentos avaliados (Tabela 1).

O adubo orgânico, seja de fonte vegetal ou animal, ao ser aplicado no solo, desencadeia aprimoramentos em sua fertilidade, resultando no aumento da produtividade e qualidade das culturas Trani et al. (2013).

De acordo com o estudo realizado por Oliveira et al. (2010), as plantas de folhas verdes, como hortaliças folhosas, demonstram uma resposta bastante positiva à adubação orgânica. Por outro lado, o uso de adubos minerais tem o potencial de diminuir a atividade biológica do solo, o que, por sua vez, pode impactar negativamente o rendimento das culturas.

A presença desses compostos orgânicos contribui para o aprimoramento da qualidade da alface crespa (cultivar Elba) em comparação com a testemunha, bem como em relação aos tratamentos que receberam esterco combinado com ureia. Pois além do seu papel como adubação, esses compostos também desempenharam funções essenciais na proteção do solo, na retenção de umidade e possivelmente no fornecimento de nutrientes, graças à melhoria da estrutura física do solo e ao aumento da capacidade de troca catiônica, resultando no produto final maior qualidade e valor agregado livre do uso de qualquer tipo de fertilizante em sua produção.

Conforme apontado por Santos et al. (2017), a utilização de compostos orgânicos se destaca como uma opção viável na produção de alface, particularmente benéfica para pequenos agricultores. Os autores explicam essa vantagem devido à maior facilidade de mineralização desses compostos e à sua pronta disponibilidade para as plantas. Essa observação também é corroborada por Silva et al. (2014), que investiga a mineralização de matéria orgânica proveniente de esterco e resíduos vegetais, ressaltando a existência de variações nas taxas de mineralização. Esses dados corroboram com os estudos feitos no referido trabalho. Conclui-se então que os tratamentos com esterco caprino se assemelham com o uso de adubação química do ponto de vista da estatística. Indicando assim, que é possível produzir alface de maneira satisfatória, com menor custo e maior qualidade, só com emprego de esterco de caprino, ao mesmo tempo em que favorecerá as produções seguintes e a conservação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, T. A., Tavares, A. T., Chaves, P. P. N., Ferreira, T. A., Nascimento, I. R. (2012). Efeito de intervalos de aplicação de urina bovina na produção de alface em cultivo protegido. *Revista Verde*, 53-67.
- Costa, C. P. d. a., Sala, F. C. (2005). A evolução da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, 23. (Capa).
- Fontes, P. C. R. Alface. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (1999). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, p. 177.
- Leite, L. F. C., Mendonça, E. S., Neves, J. C. L., Machado, P. L. O. A., Galvão, J. C. C. (2003). Estoques totais de carbono orgânico e seus 70 compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 821–832.
- Kist, B. B., Beling, R. R. (2023). *Anuário brasileiro de horti&fruti 2023*. Editora Gazeta: Santa Cruz, 108 p.
- Maistro, M. C. M. (2022). Fluxo de abastecimento de alface e suas variedades: principais regiões de origem e destino, 12, Embrapa.br/digital.
- Oliveira, A. C. B., Sediya, M. A. N., Pedrosa, M. W., Garcia, N. C. P., Garcia, S. L. R. (2010). Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum Agronomy*, 26, 211-217, 2010.
- Peixoto, R. T. G. Compostagem: Princípios, práticas e perspectivas em sistemas orgânicos de produção. In: Aquino, A. M., ASSIS, R. L. (2005). *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica.
- Pires, A. A., Monnerat, H. P., Marciano, C. R., Pinho, L. G. R., Zampirolli, P. D., Rosa, R. C., Muniz, R. A. (2008). Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 1997-2005.
- Resende, F. V. S., Saminêz, T. C. O., Vidal, M. C., Souza, R. B., Clemente, F. M. V. (2007). Cultivo de alface em sistema orgânico de produção. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 16 p. (Circular Técnica, 56).
- Santos, J. A. (2017). Crescimento de plantas de alface cultivadas em substratos orgânicos, no município de Codó, Maranhão. *Acta Tecnológica*, 12, 73- 84.
- Santos, R. H. S. (2005). Olericultura orgânica. In: Fontes, P. C. R. (Ed.) *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa, UFV, p. 249-276.
- Silva, B. A., Silva, A. R da., Pagiuca, L. G. (2014) Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. *Hortifruti Brasil*, 1, 10-18.
- Souza, J. A. (2005). Generalidades sobre efeitos benéficos da matéria orgânica na agricultura. *Informe Agropecuário*, 26, 7-8.

- Trani, P. E. (2013). Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas. *Campinas*: Instituto Agronômico de Campinas.
- Vilela, N. J., Luengo, R. F. A. (2017). Produção de Hortaliças Folhosas no Brasil. *Campo & Negócios, Hortifruti*. Uberlândia, ano XII, 146.

A relação entre o uso terra, emissões de gases de efeito estufa e mudanças na paisagem em Conceição das Alagoas em MG

Recebido em: 14/10/2024

Aceito em: 22/10/2024

 10.46420/9786585756433cap4

Pedro Emídio Gonçalves Vaz 

Amanda Maria Martins de Souza 

Roberta Morais Barbosa 

Marcos Vinícius Ferreira Martins 

Vicente Toledo Machado de Moraes Junior 

Luciano Cavalcante de Jesus França 

INTRODUÇÃO

A interação entre atividades antrópicas e a cobertura do solo desempenha um papel crucial nos estoques de carbono terrestre e nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), influenciando diretamente a dinâmica climática global (Santos, 2023). Em Conceição das Alagoas - MG, como em muitas outras regiões, as mudanças no uso da terra, como desmatamento, expansão agrícola e urbanização, têm impactos significativos na estrutura da paisagem e nas taxas de emissões de GEE (Brum et al., 2011). Este estudo investiga como essas mudanças afetam especificamente o município ao longo de um período, de 1985 a 2022.

A redução das áreas de formação campestre, florestal e savânica, juntamente com o aumento significativo nas áreas de cana e soja, demonstram a intensificação das atividades agropecuárias e seus impactos para a paisagem local (Quintão et al., 2021). Práticas como essa não só contribuem para as emissões de carbono na atmosfera, mas também são uma ameaça para o equilíbrio ambiental, destacando a necessidade de abordagens sustentáveis na gestão da terra.

Diante deste cenário, o estudo visa realizar a relação entre a mudança na estrutura da paisagem e as emissões de GEE do município. Para assim fornecer subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas e práticas de manejo da paisagem que promovam a adequação ambiental, o uso sustentável de recursos naturais e a restauração de áreas degradadas em Conceição das Alagoas - MG, contribuindo assim para a mitigação das emissões de GEE e para o estabelecimento de um município mais resiliente à mudança climática.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no município de Conceição das Alagoas, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, Brasil. O município está posicionado a uma latitude de 19°55'13" S e uma longitude de 48°22'47" W (Figura 1).

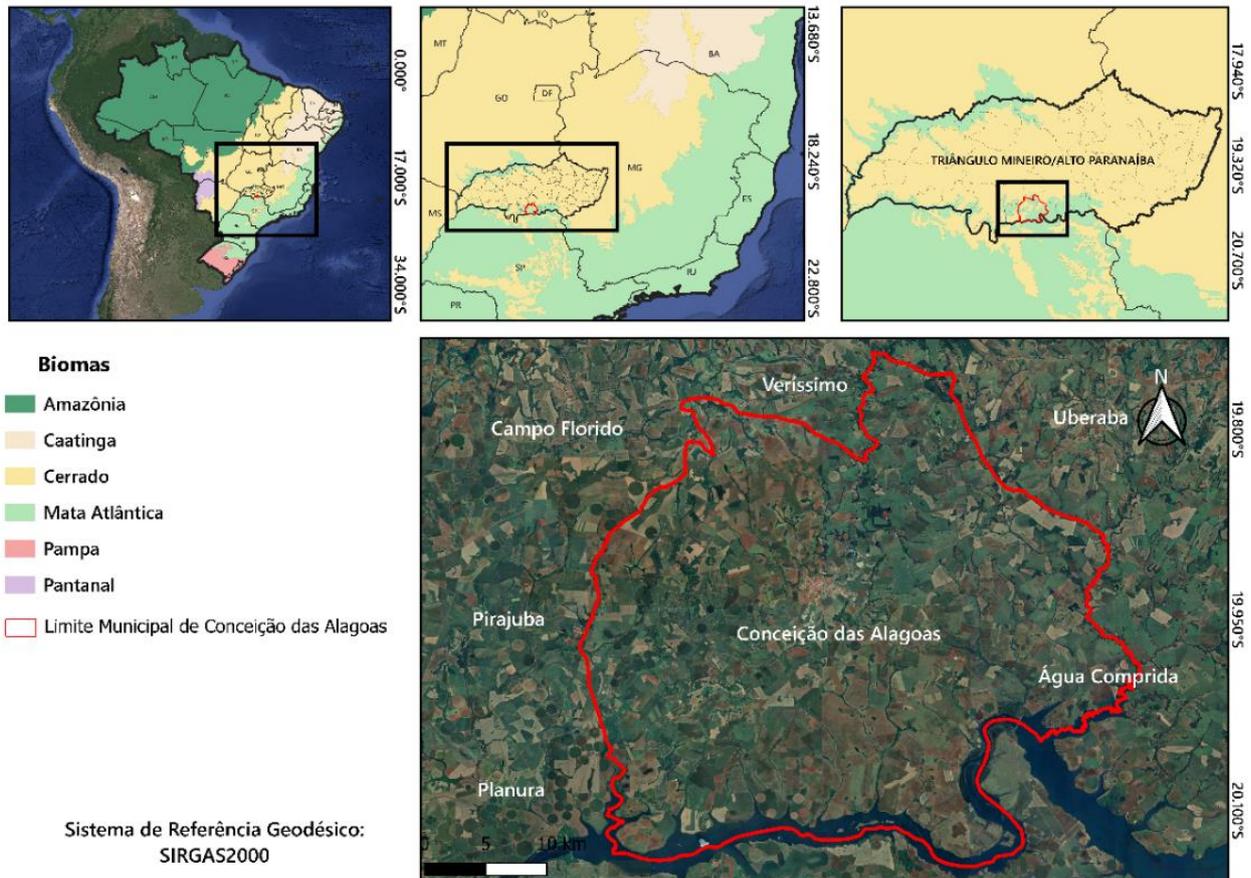


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: os autores.

A principal fonte de dados para a análise foi o portal MapBiomas, uma organização que utiliza imagens de satélite para monitorar e classificar transformações na paisagem brasileira. A base de dados foi obtida através das coleções de 1985 e 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, armazenadas no *Google Earth Engine*. Para calcular as métricas de paisagem, utilizou-se o plugin LecoS (*Landscape Ecology Statistics*), desenvolvido para o software de Sistema de Informação Geográfica QGIS (Daloz et al., 2017).

Os dados de emissão de GEE (CO₂ eq) foram levantados utilizando a plataforma do Sistema Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (<https://plataforma.seeg.eco.br/>), os cálculos das estimativas foram publicados e validados em Azevedo et al. (2018). A plataforma estima emissões nos cinco setores que são fontes de GEE no Brasil – Agropecuária, Energia, Mudanças de Uso da Terra, Processos Industriais e Resíduos – com o mesmo grau de detalhamento contido nos inventários de emissões. Os dados consideram GEE contidos no inventário nacional, como CO₂, CH₄, N₂O e os HFCs, todos esses dados são convertidos na plataforma para gás carbônico equivalente (CO₂e), tanto na

métrica GWP (potencial de aquecimento global) como GTP (potencial de mudança de temperatura global) e segundo os fatores de conversão estabelecidos no 2º, 4º e 5º relatórios do IPCC (AR2, AR4 e AR5).

RESULTADOS

Com base na análise dos mapas temporais de uso e cobertura do solo para o município de Conceição das Alagoas, foram observadas as evidências nas mudanças na paisagem rural e cobertura vegetal nativa local. Os valores de área ocupados por cada classe de uso para os anos de 1985 e 2022 e suas respectivas taxas de mudança, nomeadamente a diferença absoluta (ha) entre os anos e, a variação ou diferença percentual em relação ao ano inicial da avaliação, encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de uso e cobertura da terra para os anos avaliados e suas respectivas taxas de mudança na dinâmica espaço-temporal para Conceição das Alagoas - MG. Área de cada classe de uso do solo de 1985 e 2022 em ha, seguido da mudança em ha e em porcentagem. Fonte: os autores.

Classes	Área da Classe (ha) 1985	Área da Classe (ha) 2022	Mudança (ha)	Variação (%)
Silvicultura	6,8	186,9	180,1	2633%
Cana	4.634,4	53.028,1	48.393,7	1044%
Café	3,8	40,8	37,0	979%
Área Urbanizada	194,0	501,7	307,7	159%
Formação Florestal	10.295,1	9.761,9	-533,2	-5%
Rios e lagos	9.297,0	8.504,8	-792,2	-9%
Campo Alagado	988,7	775,1	-213,6	-22%
Formação Savânica	2.312,5	1.448,6	-863,9	-37%
Mosaico de Usos	38.820,8	22.391,7	-16.429,1	-42%
Outras Lavouras Temporárias	28.562,8	13.774,3	-14.788,4	-52%
Formação Campestre	217,1	99,5	-117,5	-54%
Pastagem	44.828,0	7.604,3	-37.223,7	-83%
Outras Áreas não vegetadas	1.726,6	157,0	-1.569,6	-91%
Citrus	181,5	4,6	-176,9	-97%
Soja	0,0	23.799,0	23.799,0	*

A análise temporal revela uma transformação significativa na paisagem rural de Conceição das Alagoas desde 1985. Inicialmente dominada por pastagens, a área de 44.828,0 ha foi progressivamente convertida para cultivos agrícolas, especialmente cana e soja. Em 2022, as áreas dedicadas à cana eram de

53.028,1 ha e a de soja 23.799,0 ha. A formação florestal, que cobria 10.295,1 ha em 1985, sofreu uma redução de 5% (aproximadamente 533 ha). A formação savânica sofreu uma perda de 37% (mais de 863 ha), reduzindo-se para 1.448,6 ha. A formação campestre apresentou a maior perda percentual, com 54% da área original desaparecendo, resultando em apenas 99,5 ha remanescentes. Os campos alagados, que eram de 988,7 ha em 1985, tiveram uma redução de mais de 20%, restando 775,1 ha.

Com o levantamento das emissões do município de Conceição das Alagoas de 1990 a 2022, foi possível constatar um aumento gradual nas emissões de GEE, impulsionado pelo crescimento populacional, mudanças no padrão de consumo, expansão agrícola e industrial, já demonstrado por Azevedo et al. (2018). Com isso desde a década de 90 aumentou-se 53% nas emissões totais de GEE do município, passando de 292.275 tCO₂eq em 1990 para 551.461 tCO₂eq de 2022, apresentados Tabela 2.

Tabela 2. Emissões de Gases de Efeito Estufa do município de Conceição das Alagoas (1990 – 2022), em valores absolutos (tCO₂ equivalente) e Percentual de contribuição de cada fonte emissora para cada ano avaliado. Fonte: os autores.

Ano das Emissões	Agropecuária (tCO ₂ %)		Energia (tCO ₂ /%)		Mudança no Uso da Terra (tCO ₂ /%)		Resíduos (tCO ₂ /%)	
1990	206716,9	70,7%	0	0%	81987,9	28,1%	3569,7	1,2%
1991	213667,4	64,4%	0	0%	114260,1	34,5%	3569,7	1,1%
1992	227242,2	70,3%	0	0%	91719,6	28,4%	4198,6	1,3%
1993	227715,8	66,1%	0	0%	112291,0	32,6%	4379,6	1,3%
1994	263617,8	71,5%	0	0%	99781,7	27,1%	5421,3	1,5%
1995	249486,6	77,9%	0	0%	65509,7	20,5%	5200,9	1,6%
1996	127293,4	60,2%	0	0%	79527,7	37,6%	4784,4	2,3%
1997	154990,7	66,0%	0	0%	74808,4	31,9%	5003,1	2,1%
1998	163736,7	72,3%	0	0%	57462,4	25,4%	5365,9	2,4%
1999	169817,8	68,5%	0	0%	72995,1	29,4%	5077,8	2,0%
2000	247362,5	79,7%	0	0%	57753,6	18,6%	5279,1	1,7%
2001	225200,4	70,8%	0	0%	87292,0	27,5%	5486,6	1,7%
2002	214257,7	73,0%	0	0%	73371,6	25,0%	5744,6	2,0%
2003	254314,4	75,5%	0	0%	76548,6	22,7%	6031,4	1,8%
2004	268990,9	68,7%	0	0%	116280,2	29,7%	6414,9	1,6%
2005	257420,9	82,3%	0	0%	48397,1	15,5%	7085,1	2,3%
2006	326215,3	86,2%	0	0%	45218,7	11,9%	7177,8	1,9%
2007	284677,0	59,4%	139255,2	29,1%	47618,7	9,9%	7438,4	1,6%
2008	308419,8	68,0%	111207,6	24,5%	26425,3	5,8%	7836,1	1,7%

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume V

2009	309915,2	69,5%	106711,6	23,9%	21438,1	4,8%	8099,7	1,8%
2010	318295,6	68,6%	103386,6	22,3%	33587,2	7,2%	8438,0	1,8%
2011	343399,2	69,7%	103402,7	21,0%	37324,1	7,6%	8891,5	1,8%
2012	331283,7	68,5%	115193,9	23,8%	27870,7	5,8%	9028,1	1,9%
2013	324482,3	65,1%	135013,6	27,1%	29318,3	5,9%	9363,5	1,9%
2014	292975,9	66,2%	101070,7	22,8%	38888,1	8,8%	9899,0	2,2%
2015	294724,2	59,8%	141093,5	28,6%	47066,6	9,5%	10168,6	2,1%
2016	373451,0	65,2%	157838,8	27,6%	31413,4	5,5%	9741,5	1,7%
2017	360785,4	63,8%	171964,8	30,4%	23334,5	4,1%	9767,4	1,7%
2018	366024,7	75,1%	93996,1	19,3%	17372,6	3,6%	10105,9	2,1%
2019	356601,6	66,3%	155884,7	29,0%	15615,5	2,9%	10110,8	1,9%
2020	383037,0	66,8%	160008,4	27,9%	20560,2	3,6%	9819,6	1,7%
2021	412159,3	69,6%	151552,4	25,6%	18534,5	3,1%	10051,9	1,7%
2022	356259,4	64,6%	149154,0	27,0%	36201,0	6,6%	9846,9	1,8%
Total	9214538,6	69,4%	2096734,6	12%	1827774,3	16,4%	238397,5	1,8%

Dados acumulados de 1990 a 2022 indicam que o setor agropecuário foi responsável por, em média, 69,4% das emissões de GEE, totalizando 9.214.539 tCO₂eq ao longo de 32 anos. O setor de Mudança no Uso da Terra (MUTR) representou 16,4% das emissões do município, com um total de 1.827.774 tCO₂eq, impulsionado principalmente pela transformação de áreas naturais em área de agricultura intensiva (Figura 2).

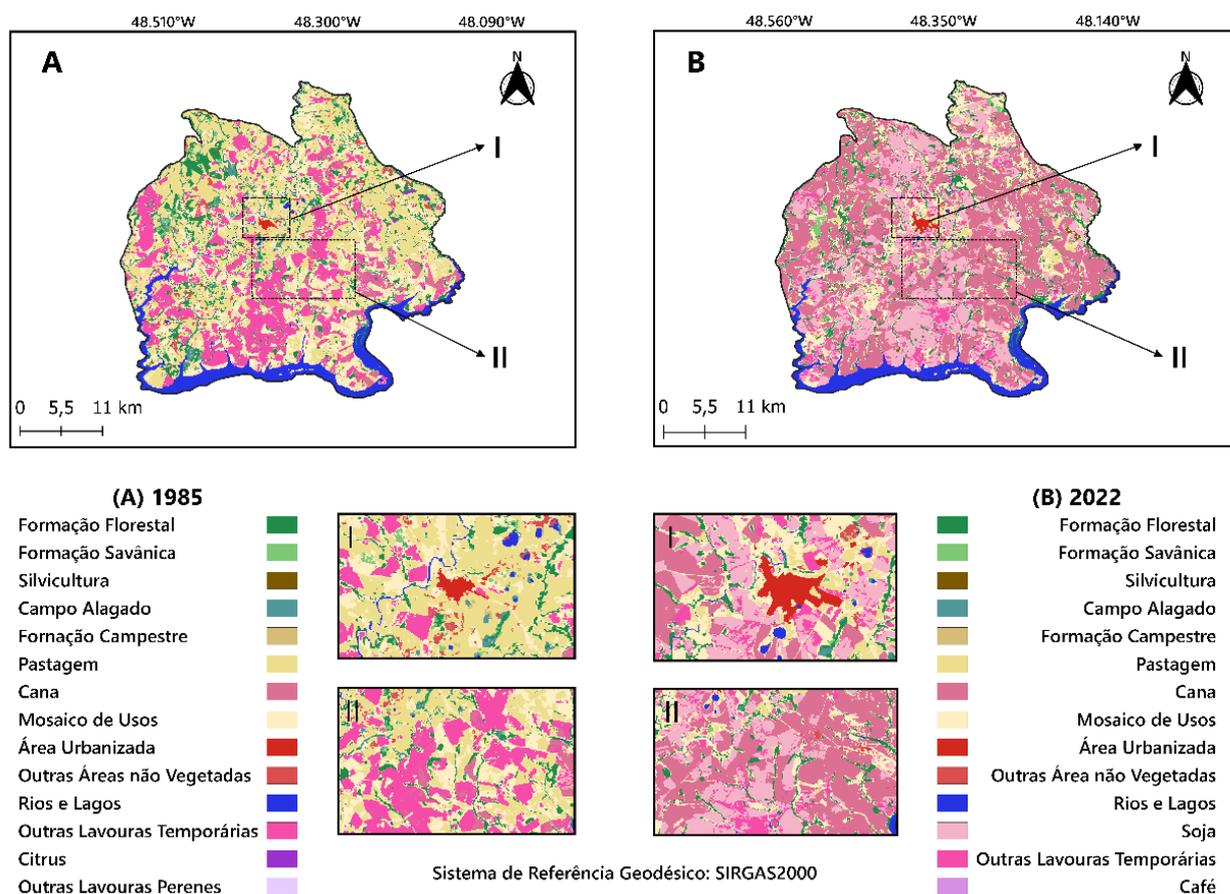


Figura 2. Mapa temático da mudança no uso e cobertura da terra do município de Conceição das Alagoas (1990 – 2022). Fonte: os autores.

CONCLUSÕES

Este estudo auxiliou no entendimento da alteração da cobertura e uso da terra de Conceição das Alagoas - MG, ao longo de 37 anos, com o cálculo de métricas de paisagem que apresentam a estrutura e composição da paisagem, relacionando com as taxas de emissões de GEE. A pesquisa revela um cenário de degradação e fragmentação da vegetação nativa, com o aumento considerável de emissões de GEE nas últimas quatro décadas. A correlação entre a alteração da estrutura da paisagem e o aumento das emissões de GEE é evidente, refletindo a transformação do uso da terra e a intensificação das práticas agrícolas e pecuárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brum, A. L., Dalfovo, T., Constantino, W., & César, V. (2011). A Relação Entre o Desmatamento e o Crescimento das Culturas de Grãos no Município de Sinop-MT: Uma análise para o período de 1984 a 2009. *Desenvolvimento Em Questão*, 9(17), 159–190. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75218908007>

- Daloz, M. F., Crouzeilles, R., Almeida-Gomes, M., Papi, B., & Prevedello, J. A. (2017). Incorporating landscape ecology metrics into environmental impact assessment in the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(3), 216–220. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.07.002>
- de Azevedo, T. R., Costa Junior, C., Brandão Junior, A., Cremer, M. dos S., Piatto, M., Tsai, D. S., Barreto, P., Martins, H., Sales, M., Galuchi, T., Rodrigues, A., Morgado, R., Ferreira, A. L., Barcellos e Silva, F., Viscondi, G. de F., dos Santos, K. C., Cunha, K. B. da, Manetti, A., Coluna, I. M. E., ... Kishinami, R. (2018). SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. *Scientific Data*, 5(1), 180045. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.45>
- Quintão, J. M. B., Cantinho, R. Z., Albuquerque, E. R. G. M. de, Maracahipes, L., & Bustamante, M. M. C. (2021). Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. *Ciência e Cultura*, 73(1), 18–24. <https://doi.org/10.21800/2317-66602021000100004>
- Santos, A. M. R. dos. (2023). Manejo do solo no Brasil: estratégias integradas para mitigação ou sustentabilidade de gases de efeito estufa (p. 57). <https://bdm.unb.br/handle/10483/39103>

Sementes de Angico de bezerro, submetidas a diferentes procedimentos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação – desidratação

Recebido em: 14/10/2024

Aceito em: 22/10/2024

 10.46420/9786585756433cap5

Nadyelly Rayres Moraes Muniz 

Monalisa Alves Diniz da Silva 

Pamela Estefane De Souza Santos 

Lucas Matheus Monteiro dos Santos 

Stefanne Timóteo de Melo 

INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma específico do Brasil, possuindo uma biodiversidade adaptada às altas temperaturas e à deficiência hídrica. Esse bioma ocupa uma área de aproximadamente 826.411 km² e apresenta uma flora e fauna rica em endemismo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2022). Entretanto, mesmo possuindo essa posição em relação aos demais biomas brasileiros, a Caatinga vem sofrendo degradação de forma acelerada ao longo dos anos, devido à falta de preservação e ao alto poder calorífico que essa vegetação possui, sendo bastante utilizada como lenha nativa (Alves Pena, 2024). Com a ampliação dos problemas ambientais referentes às áreas de Caatinga, estudos acerca de sementes das espécies ocorrentes neste bioma tornaram-se necessários para poder propor melhores estratégias de recuperação e preservação dessa paisagem (Da Silva, 2007).

A aplicação de espécies nativas arbóreas para programas de reflorestamento em manejo sustentável é algo que se intensifica a cada ano, e muitas dessas espécies, apresentam sementes com dormência tegumentar, o que dificulta o planejamento dos viveiristas para a produção de mudas (Zaidan & Barbedo, 2004).

A dormência tegumentar é caracterizada como um fenômeno natural no qual as sementes mesmo sob condições favoráveis, como água, temperatura adequada, luz e oxigênio não germinam. Essa dormência tanto pode ser primária, quando instalada no período de maturação da semente, quanto, secundária, a qual é adquirida quando as sementes ficam expostas a condições ambientais desfavoráveis, após se separarem fisiologicamente da planta mãe (Carvalho & Nakagawa, 2012).

Pityrocarpa moniliformis (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, também conhecida como Angico de bezerro, Rama de bezerro e Catanduva, é pertencente à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae e tem como sinonímia científica *Piptadenia moniliformis* Benth (Morim, 2015). É uma espécie arbórea, rústica e de rápido crescimento, que possui grande importância para o nordeste brasileiro, por apresentar um alto

valor apícola e ser recomendada para projetos de recuperação de áreas degradadas (Lorenzi, 1992; Maia-Silva et al., 2012; Tenreiro, 2013).

Com o objetivo de superar a dormência em espécies nativas, metodologias distintas foram desenvolvidas, visando acelerar o processo que teoricamente ocorreria naturalmente em condições favoráveis (Morais et al., 2019). As escarificações químicas, mecânicas e térmicas destacam-se entre os métodos de superação de dormência nas sementes das espécies florestais, porém, a aplicação e a eficiência desses tratamentos dependem da intensidade da dormência, uma característica bastante variável entre as espécies, procedências e anos de coleta (Albuquerque et al., 2007).

Sendo assim, tem-se a necessidade de testar métodos de superação de dormência tegumentar, que melhorem a germinação e o desempenho de mudas no viveiro, para acelerar e uniformizar o estabelecimento inicial de plantas no campo (Nascimento et al., 2009). Além da superação da dormência, pode-se utilizar procedimentos nas sementes que as tornem mais tolerantes à situações adversas, entre tais procedimentos destaca-se o condicionamento fisiológico. O mesmo consiste em uma técnica para a embebição controlada das sementes em água, solução salina ou osmótica, ou em substratos umedecidos que permitem a ativação dos processos metabólicos da germinação, evitando a emissão da raiz primária (fase III), propiciando uniformização e melhor desempenho de plantas em campo. Desse modo, o condicionamento fisiológico se dirige as fases I e II de embebição para germinação, durante as quais ocorre ação de mecanismo de reparo de macromoléculas danificadas e de estruturas celulares, fazendo com que as sementes germinem de forma sincronizada (Bray, 1995).

Diante disso, objetivou-se analisar os diferentes procedimentos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação – desidratação em sementes de *Pityrocarpa moniliformis*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada / PE (07°57'01" S e 38°17'53" O). As sementes de *Pityrocarpa moniliformis* foram provenientes do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA/UNIVASF), Petrolina (PE), do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF e o Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR.

As sementes de angico de bezerro foram submetidas a diferentes métodos de superação de dormência, sendo eles: controle (testemunha); imersão em ácido sulfúrico por 20 min.; imersão em ácido clorídrico por 20 min.; imersão em solução de soda cáustica 20% por 20 min.; e corte do tegumento do lado oposto a protrusão da raiz primária, perfazendo-se 400 sementes por tratamento. Posteriormente, as sementes foram hidratadas (5h) e desidratadas (4h) conforme Nascimento et al. 2021. Finalizado o período de hidratação, retirou-se quatro repetições de 25 sementes por tratamento para proceder com a avaliação do teor de água, o qual foi determinado pelo método da estufa a 105 °C ± 3 °C (BRASIL,

2009). Paralelamente, procedeu-se com as sementes recém-hidratadas o processo de desidratação, o qual foi conduzido também na incubadora à 25 °C, por quatro horas.

Após cada procedimento de superação de dormência e ciclo de hidratação – desidratação, as sementes foram avaliadas por meio das seguintes características:

Teor de água (TA%): O método utilizado para determinar o teor de água ou grau de umidade das sementes seguiu o protocolo estabelecido por Brasil (2009). Para conduzir o teste, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes por tratamento e submetidas a temperatura controlada de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ determinada pelo método estufa, durante 24 horas. Os valores de peso foram registrados e utilizados na aplicação da equação 1 para calcular a porcentagem do teor de água das sementes.

$$\% \text{Umidade} = \frac{(\text{Peso úmido} - \text{peso seco})}{(\text{Peso úmido} - \text{peso do recipiente})} \times 100 \quad \text{eq. (1)}$$

Teste de germinação (TG): Avaliou-se diariamente o número de sementes que germinaram até que a germinação estabilizasse (17 dias). Foram consideradas como germinadas, as sementes que haviam emitido a raiz primária de aproximadamente 2 mm. Ao final do teste, contabilizou-se o número total de sementes germinadas para determinar a porcentagem de germinação (PG).

Índice de velocidade de germinação (IVG): Durante o teste de germinação, foram contabilizadas diariamente o número de sementes que germinaram até que a germinação se estabilizasse. Considerou-se que uma semente havia germinado quando a raiz primária apresentasse uma protrusão de aproximadamente 2 mm. Para avaliar a qualidade das sementes, calculou-se o índice de velocidade de germinação (IVG), segundo a metodologia proposta por Maguire (1962), utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{IVG} = N_1/D_1 + N_2/D_2 + \dots + N_n/D_n$$

onde IVG = índice de velocidade de germinação; N = número de sementes com a protrusão da raiz primária verificado no dia da contagem; e D = números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

Tempo médio de germinação (TMG): Foi avaliado em conjunto com o teste de germinação, com as contagens diárias da protrusão da raiz primária, que possibilitaram estimar o tempo médio de germinação em dias, de acordo com LABOURIAU (1983), utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{TMG} = (\sum n_i \times t_i) / \sum n_i$$

onde N_i = número de sementes que emitiram a raiz primária no tempo t_i (não o número acumulado, mas o número referido para a i -ésima observação); T_i = tempo (dias) entre a semeadura e a i -ésima observação; e K = último tempo de protrusão da raiz primária.

Os dados foram submetidos a análise de variância, onde, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2, procedimentos de superação de dormência e ciclo de hidratação (5h)– desidratação (4h) (com e sem). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a ANOVA (Tabela 1), o teor de água das sementes foi afetado de forma estatisticamente significativa, tanto para a interação métodos de superação de dormência versus ciclo de hidratação – desidratação (ausência e presença), como para os fatores isolados. Sendo o mesmo observado para germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação, sendo que para este último apenas a interação não foi significativa.

Observou-se que para o tempo médio de germinação, o coeficiente de variação (CV%) foi elevado (58,11%). Um coeficiente de variação (CV%) elevado indica uma grande variabilidade entre os dados, ou seja, os dados são mais heterogêneos, sendo assim, maior é a sua dispersão em torno da média (Rizzo, 2024).

Tabela 1. Análise de variância para teor de água (TA), germinação (G), tempo médio de germinação (TMG) e índice de velocidade de emergência (IVG) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, submetidas a métodos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação (5h)-desidratação (4h). Serra Talhada – PE, 2023. Fonte: Autoria própria.

Quadrados Médios					
CV	GL	TA (%)	G (%)	TMG (dias)	IVG
MSD	4	435,125**	9304,25**	6,00125**	72,2175**
CHD	1	2044,7**	1000**	12,701**	8,17**
MSD * CHD	4	430,625**	1029,75**	2,50175 ^{ns}	20,0675**
Resíduo	30	99,85333	115,9	1,6023	0,525333
Total	39				
CV		33,42%	23,71%	58,11%	25,86%

Efeito significativo a 1% (**), a 5% (*) e efeito não significativo (ns); Coeficiente de variação (CV). Legenda: CHD – ciclo de hidratação desidratação; MSD – métodos de superação de dormência; Tratamentos - T1: testemunha; T2: imersão em Ácido Sulfúrico por 20 min.; T3: imersão em Ácido Clorídrico por 20 min.; T4: imersão em Soda Cáustica 20% por 20 min.; T5: Escarificação do lado oposto à protrusão da raiz primária.

Com relação aos dados da Tabela 2, observou-se que as maiores porcentagens em relação ao teor de água, ocorreram quando as sementes foram submetidas aos tratamentos de imersão em ácido sulfúrico por 20 min. (T2) e a escarificação do lado oposto a protrusão da raiz primária (T5), e posteriormente ao ciclo de hidratação – desidratação. Os demais tratamentos não se mostraram eficientes em promover um

maior teor de água, provavelmente por não terem conseguido romper a camada responsável pela impermeabilização. Os tratamentos supracitados provocaram fissuras no tegumento, aumentando a permeabilidade e permitindo uma maior embebição (Medeiros Filho, 2002). Resultados semelhantes foram obtidos por (Smiderle & Souza, 2003), quando verificaram que a escarificação com ácido sulfúrico por 5 min, revelou-se ser o método mais efetivo para a superação da dormência de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. (Alves et al., 2006), também constataram a eficiência do tratamento químico com ácido sulfúrico concentrado por períodos entre 74 e 115 min na superação da dormência de unidades de dispersão de *Zizyphus joazeiro* Mart.

Ainda, na ausência do ciclo de hidratação – desidratação após os procedimentos de superação de dormência, a imersão em ácido clorídrico por 20 min. (T3) e a imersão em soda cáustica 20% por 20 min. (T4) também se mostraram eficientes, quando comparadas aos demais tratamentos.

Tabela 2. Teor de água (%), Germinação (%) e Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Pityrocarpa moniliformis*, submetidas a métodos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação (5h) - desidratação (4h). Serra Talhada-PE, 2023. Fonte: Autoria própria.

Teor de água (%)					
Ciclo	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
CCHD	30,173 Ab	52,888 Aa	34,085 Ab	18,993 Ab	49,125 Aa
SCHD	18,587 Aa	27,364 Ba	26,751 Aa	23,880 Aa	17,125 Ba
Germinação (%)					
Ciclo	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
CCHD	27,0 Ac	72,0Aa	29,0 Ac	4,0 Ac	44,0 Bb
SCHD	14,0 Ab	92,0 Aa	38,0 Ab	17,0 Ab	91,0 Aa
Índice de velocidade de germinação					
Ciclo	Métodos de superação de dormência				
	T1	T2	T3	T4	T5
CCHD	0,8240 Ab	6,5958Aa	0,9895 Ab	0,0763 Ab	1,0444 Bb
SCHD	0,5126 Ab	6,2106 Aa	1,8804 Ab	0,5932 Ab	7,0774 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Legenda: CCHD – Com ciclo de hidratação desidratação; SCHD – Sem ciclo de hidratação desidratação; Tratamentos - T1: testemunha; T2: imersão em Ácido Sulfúrico por 20 min.; T3: imersão em Ácido Clorídrico por 20 min; T4: imersão em Soda Cáustica 20% por 20 min.; T5: Escarificação do lado oposto à protusão da raiz primária.

Quanto a germinação e ao índice de velocidade de germinação (Tabela 2), verificou-se que o ciclo de hidratação - desidratação após os métodos de superação de dormência, não diferiu em relação a

ausência do mesmo. As sementes que foram escarificadas do lado oposto à protrusão da raiz primária e submetidas posteriormente ao ciclo de hidratação desidratação, apresentaram menor capacidade germinativa e menor velocidade de emissão da raiz primária. Quando as sementes foram hidratadas e desidratadas após os tratamentos de superação de dormência, constatou-se que a imersão das sementes em ácido sulfúrico por 20 min. (T2) proporcionou a maior porcentagem de sementes com a protrusão da raiz primária e um maior índice de velocidade de germinação. Na ausência do ciclo de hidratação – desidratação após os procedimentos de superação de dormência, tanto a imersão das sementes em ácido sulfúrico (T2) como a escarificação da semente do lado oposto à protrusão da raiz primária (T5), foram os mais eficientes para ambas as características.

Os métodos imersão em ácido clorídrico por 20 min. (T3) e imersão em soda cáustica 20% por 20 min. (T4) (Tabela 2), não foram efetivos para aumentar a porcentagem de germinação das sementes, possivelmente o tempo de imersão tenha sido insuficiente, além dos referidos produtos químicos possuírem uma abrasividade inferior ao ácido sulfúrico.

A germinação pode ser afetada por uma série de fatores, incluindo a qualidade da semente, as condições ambientais (como temperatura, nutrientes, umidade e luz), a idade da semente e a presença de patógenos ou substâncias inibitórias. Esses fatores podem interagir de maneira complexa, afetando a capacidade de a semente ter êxito na germinação (Fontes et al., 2017).

A análise do índice de velocidade de germinação tem sido o teste mais empregado para avaliar a velocidade de germinação, podendo revelar diferenças significativas na qualidade fisiológica das sementes, sendo uma ferramenta importante que pode ser usada para monitorar a eficácia de tratamentos pré-germinativos (Carvalho; Nakagawa, 2012; Borges Junior et al., 2018).

Quanto ao tempo médio de germinação (Tabela 3) das sementes, observou-se que as mesmas, foram afetadas de maneira estatisticamente significativa, tanto pelos métodos de superação de dormência como pelo ciclo de hidratação-desidratação. Os procedimentos imersão em ácido sulfúrico por 20 min.; imersão em ácido clorídrico por 20 min. e escarificação do lado oposto à protrusão da raiz primária, aceleraram o processo de germinação. Por sua vez, o ciclo de hidratação desidratação após os procedimentos de superação de dormência, retardou o processo germinativo. A secagem após o processo de hidratação pode ter ocorrido quando as sementes estavam apresentando elevada divisão celular nos pontos de crescimento do eixo embrionário, resultando portando em um efeito negativo do ciclo de hidratação desidratação sobre a germinação e a velocidade do processo.

Tabela 3. Tempo médio de germinação (dias) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, submetidas a diferentes métodos para superação da dormência e posterior ao ciclo com e sem hidratação (5h) e desidratação (4h). Serra Talhada-PE, 2023. Fonte: Autoria própria.

Métodos de superação de dormência	Tempo médio de germinação (dias)
T1	2,4887 A
T2	1,2300 B
T3	1,9137 B
T4	3,5037 A
T5	1,7563 B
Ciclo	Tempo médio de germinação (dias)
CCHD	2,742 A
SCHD	1,615 B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Legenda: Tratamentos – T1: testemunha; T2:imersão em Ácido Sulfúrico por 20 min.; T3: imersão em Ácido Clorídrico por 20 min.; T4: imersão em Soda Cáustica 20% por 20 min.; T5: Escarificação do lado oposto à protrusão da raiz primária. CCHD – com ciclo de hidratação desidratação; SCHD – sem ciclo de hidratação desidratação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A imersão das sementes de *Pityrocarpa moniliformis* em ácido sulfúrico por 20 min., de um modo geral, independente da posterior submissão ao ciclo de hidratação desidratação, proporciona maior porcentagem de germinação e maior rapidez no processo germinativo. O ciclo de hidratação (5h) e desidratação (4h) após os tratamentos de superação de dormência não é indicado.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental – NEMA / UNIVASF, ao Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF e ao Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR pela doação das sementes de *Pityrocarpa moniliformis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, K. S., Guimarães, R. M., Almeida, Í. F. D., & Clemente, A. D. C. S. (2007). Métodos para a superação da dormência em sementes de sucupira-preta (*Bondichia virgilioides* Kunth). *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 1716-1721.
- Alves Pena, R. Desmatamento Da Caatinga. Efeitos Do Desmatamento Da Caatinga. Brasil Escola, brasilecola.uol.com.br/brasil/desmatamento-caatinga.htm. Accessed 22 Mar.2024.

- Alves, E. U., Bruno, R. D. L. A., Oliveira, A. P. D., Alves, A. U., & Alves, A. U. (2006). Ácido sulfúrico superação da dormência de unidade de dispersão de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). *Revista Árvore*, 30, 187-195.
- Alves, E. U., Cardoso, E. D. A., Bruno, R. D. L. A., Alves, A. U., Alves, A. U., Galindo, E. A., & Braga Junior, J. M. (2007). Superação da dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. *Revista Árvore*, 31, 405-415.
- Borges Junior, J.C. F.; Lopes, T. de A.; Lopes, R. de A.; Medeiros Filho, S.E.; Nunes, Y.R.F. Efeito do ácido giberélico na germinação de sementes de palma forrageira armazenadas. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 16, n. 1, p. 85-91, 2018.
- Brasil, (2009). Regras para análise de sementes. (1ªed). Brasília: Editora: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Bray, C. (1995). Processos bioquímicos durante a osmopriming de sementes. *Desenvolvimento e Germinação de Sementes*.
- Carvalho, N. M, Nakagawa, J. (2012). *Sementes: ciência, tecnologia e produção* (5ª ed). Jaboticabal: Editora Funep.
- Da Silva, F. J. B. C. (2007). Germinação e vigor de sementes de três espécies da caatinga. Dissertação, UFRPE, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Bioma Caatinga. 21 Jan. 2022, www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga#:~:text=A%20Caatinga%20%C3%A9%20um%20bioma,e%20fauna%20rica%20em%20endemismo. Accessed 4 Apr. 2024.
- Fontes, P. C. R.; Oliveira, J. A.; Ferreira, G. F.; Fávero, A. P.; Santos, T. C. Fisiologia da semente. Viçosa: Editora UFV, 2017.
- Lorenzi, H. (1992). Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.
- Maguire, J. D. (1962). Velocidade de germinação - auxílio na seleção e avaliação para emergência e vigor de plântulas.
- Maia-Silva, C., Silva, C. I. D., Hrcir, M., Queiroz, R. T. D., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2012). Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga.
- Medeiros Filho, S., França, E. A. D., & Innecco, R. (2002). Germinação de sementes de *Operculina macrocarpa* (L.) Farwel e *Operculina alata* (Ham.) Urban. *Revista Brasileira de Sementes*, 24, 102-107.
- Morais, C. R., Porto, B. S. M., da Silva, W. J., de Aquino, J. D., Sousa, N. S., Silva, M. E. F., ... & Vieira, T. C. (2019). Avaliação de diferentes métodos artificiais na superação de quebra de dormência em *Ormosia* arbórea. *Revista GeTeC*, 8(21).
- Morim, M. P. (2015). *Pityrocarpa* in lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

- Nascimento, I. L. D., Alves, E. U., Bruno, R. D. L. A., Gonçalves, E. P., Colares, P. N. Q., & Medeiros, M. S. D. (2009). Superação da dormência em sementes de faveira (*Parkia platycephala* Benth). *Revista Árvore*, 33, 33-45.
- Nascimento, J. P. B., Dantas, B. F., & Meiado, M. V. (2021). Hydropriming changes temperature thresholds for seed germination of tree species from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Journal of Seed Science*, 43, e202143004.
- Rizzo, M. L. A. (2024). Coeficiente de variação”; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/coeficiente-variacao.htm>>. Acesso em: 16 Mai. 2024.
- Smiderle, O. J., & Sousa, R. D. C. P. D. (2003). Dormência em sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth-Fabaceae-Papilionidae). *Revista Brasileira de Sementes*, 25, 72-75.
- Tenreiro, I. G. P. (2013). *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & RW Jobson. Guia de Campo de Árvores das Caatingas; Siqueira Filho, JA, Meiado, MV, Rabbani, ARC, Siqueira, AA, Vieira, DCM, Eds, 40-41.
- Zaidan, L. B. P., & Barbedo, C. J. (2004). Quebra de dormência em sementes. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 135-146.

Influência da localidade de produção e da salinidade sobre o potencial germinativo de sementes de angico coletadas em diferentes anos

Recebido em: 16/10/2024

Aceito em: 22/10/2024

 10.46420/9786585756433cap6

Enzo Viana Batista 

Maria Jaynara Siqueira Amaro 

Graciane Xavier Leal Ferraz 

Agda Taynná de Amorim 

Monalisa Alves Diniz da Silva 

INTRODUÇÃO

A região do semiárido que compreende todos os Estados da região Nordeste do Brasil e o norte do Estado de Minas Gerais. Essa região, apresenta clima seco e chuvas esporádicas que se concentram durante poucos meses do ano, resultando em uma baixa quantidade de água da chuva que consegue penetrar no solo. Isso leva a outra característica marcante do semiárido, que são os solos salinos, causados pela elevada taxa de evaporação (Santos, 2010).

Muitas são as espécies florestais arbóreas que se desenvolvem na região semiárida do Nordeste brasileiro. Neste sentido destaca-se a espécie florestal *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan, popularmente conhecida como angico, espécie nativa do Brasil, presente em todas as regiões do país. A referida espécie possui grande relevância econômica por suas propriedades medicinais, pelo seu uso na marcenaria, carpintaria, construção civil e naval, além de sua procura para reflorestamento. Também é explorada como planta forrageira pelos rebanhos do Nordeste brasileiro (Campos Filho; Sartorelli, 2015). No entanto, as populações de angico são exploradas de maneira desenfreada para utilização do potencial energético de sua madeira, o que contribui para o seu declínio (Dias et al., 2015; Campos Filho; Sartorelli, 2015).

Com as ações antrópicas, como o desmatamento desenfreado e as queimadas, agrava-se o acúmulo de gases do efeito estufa e conseqüentemente o aceleração do processo de mudança climática, pondo em risco a permanência da Caatinga e a dispersão de suas espécies, com a elevação na temperatura e maior incidência de secas prolongadas (Painel Intergovernamental De Mudanças Climáticas - IPCC, 2014).

A salinidade dos solos é um fator limitante, não só para as culturas agrícolas, como também para as espécies nativas da Caatinga (Bessa et al., 2017), pois a presença de sais nas plantas torna inviável diversos processos metabólicos. Com a redução do potencial osmótico do solo, há uma redução no potencial osmótico da semente, que conseqüentemente sofre déficit hídrico, além de se observar efeitos

negativos sobre a clorofila, as trocas gasosas e o metabolismo de proteínas das plântulas e plantas (Gheyi et al., 2010).

Na região Nordeste, a salinidade é um problema evidente, exacerbado pelas altas taxas de evaporação e pelo baixo índice pluvial, o que leva ao acúmulo de sais na superfície do solo (Lima Junior & Silva, 2010). A agricultura irrigada, especialmente quando realizada repetidamente em áreas já degradadas e com água salina, agrava ainda mais a situação, comprometendo a qualidade do solo e resultando em prejuízos econômicos (Ribeiro, 2016).

Dentre os principais impactos decorrentes da salinidade estão à redução na taxa germinativa, a diminuição da velocidade de germinação, o encurtamento do crescimento da raiz primária, a diminuição do desenvolvimento do hipocótilo das plântulas e o prolongamento do tempo médio de germinação (Fanti & Perez, 2004; Machado Neto et al., 2006; Rego et al., 2007; Andréo-Souza et al., 2010; Gordin et al., 2012; Ferreira et al., 2013; Pelegrini et al., 2013).

É fundamental intensificar as pesquisas que visam ações de recuperação ambiental, com foco na recomposição de áreas degradadas ou salinizadas com espécies nativas, a fim de mitigar os impactos causados pela atividade humana e evitar a degradação contínua do bioma.

Tendo em vista o advento de eventos climáticos cada vez mais extremos, objetivou-se avaliar o efeito da localidade de produção e da salinidade sobre o potencial germinativo e o vigor das sementes de *Anadenanthera colubrina*, em função do ano de coleta.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, no laboratório de Biotecnologia Vegetal, município de Serra Talhada – PE. Empregou-se quatro lotes de sementes de *Anadenanthera colubrina*, os quais foram disponibilizados pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA), Programa de Resgate de Germoplasma do Projeto de Integração do São Francisco-PISF, Petrolina - PE. As sementes foram coletadas nos anos de 2018 e 2019 nos municípios pernambucanos de Sertânia e Serrita. Para cada ano de coleta, avaliou-se o efeito da localidade e do nível de salinidade sobre o potencial germinativo e o vigor das sementes.

Inicialmente, as sementes foram submetidas ao processo de assepsia, onde foram imersas em 100 mL de água destilada, adicionando-se cinco gotas de detergente neutro por cinco minutos, seguido de lavagem com água destilada (BRASIL, 2013).

As soluções salinas foram preparadas conforme especificado por Parmar & Moore (1968). Para avaliação da germinação sob estresse salino, foram utilizadas soluções de cloreto de sódio (NaCl) em diferentes potenciais osmóticos: 0, -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 e -1,2 MPa. Avaliou-se as seguintes características:

Germinação (G): semeou-se quatro repetições de 25 sementes, sendo que as sementes de cada repetição foram dispostas sobre duas folhas de papel mata-borrão, posicionadas em caixas plásticas do

tipo gerbox, previamente umedecidas com as soluções salinas, com a quantidade equivalente à 2,5 vezes seu peso seco, sendo que papéis foram substituídos a cada três dias. O teste de germinação foi conduzido em sala climatizada, sob uma temperatura média de 25 °C e umidade relativa média de 35%, registradas por termo-higrômetro, ao longo de nove dias. Adotou-se como critério de germinação a protrusão da raiz primária de aproximadamente 2 mm. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes germinadas.

Índice de Velocidade de Germinação (IVG): foi conduzido em conjunto com o teste de germinação, contabilizando-se diariamente o número de sementes germinadas até a estabilização (nove dias). O IVG foi calculado conforme proposto por Maguire (1962), considerando-se o número diário de sementes germinadas.

$$IVG = N1/DQ + N2/DQ + \dots + Nn/Dn$$

onde IVG = índice de velocidade de germinação; N = números de sementes com a protrusão da raiz primária verificado no dia da contagem; e D = números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

Tempo Médio de Germinação (TMG): foi conduzido em conjunto com o teste de germinação, utilizando a fórmula de Labouriau (1983), considerando-se as contagens diárias da protrusão da raiz primária, sendo que o TMG foi expresso em dias.

$$TMG = \frac{\sum * kni * (ti - t)}{\sum kni - 1}$$

onde Ni= número de sementes que emitiram a raiz primária no tempo ti (não o número acumulado, mas o número referido para a i-ésima observação); Ti= tempo (dias) entre a semeadura e a i-ésima observação; e K= último tempo de protrusão da raiz primária;

O delineamento experimental adotado para os dois experimentos (2018 e 2019) foi o inteiramente casualizado, em esquema bifatorial, para analisar a interação entre a duas localidades de coleta, para cada ano de coleta, e os sete potenciais osmóticos de cloreto de sódio (NaCl) 2×7, perfazendo um total de 14 tratamentos para cada ano de coleta (2018 e 2019). Para a análise estatística, os dados foram submetidos ao teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, procedendo-se com a análise de regressão quando os dados apresentaram significância, utilizando-se o software R 4.2.1 (R Core Team, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1 (A e B) que as sementes coletadas em diferentes localidades, mas no mesmo ano, diferiram quanto ao seu comportamento germinativo. Na Figura 1A (2018) as sementes coletadas no município de Serrita – PE apresentaram uma capacidade germinativa superior às coletadas no município de Sertânia -PE, mesmo quando semeadas na ausência de salinidade, e mantiveram uma germinação de 92% até o potencial osmótico de - 0,8 MPa. Ainda, as sementes germinaram mais nos

potenciais osmóticos de -0,2; -0,4 e -0,6 MPa em relação as que foram semeadas no substrato apenas umedecido com água. Por sua vez, as sementes coletadas em Sertânia -PE em 2018, apresentaram uma germinação inicial um pouco superior a 60%, sendo que observou-se um declínio acentuado da germinação à medida que a salinidade aumentou, entretanto mesmo no potencial osmótico de -1,2 MPa foi possível observar uma germinação de 16%.

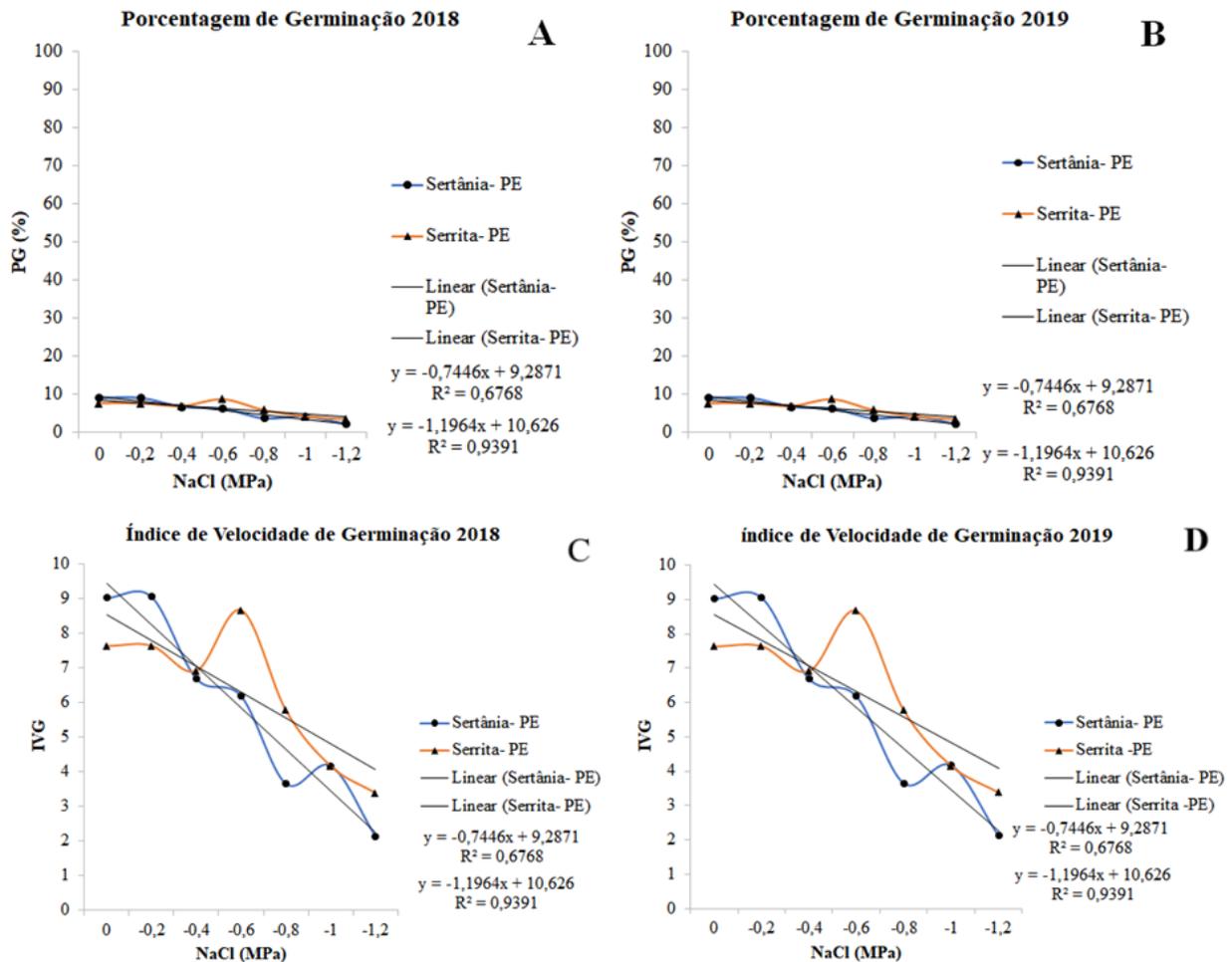


Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina*, coletadas em 2018 (A) e 2019 (B), nos municípios pernambucanos de Sertânia e Serrita, e submetidas à diferentes níveis de salinidade; Índice de velocidade de germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina*, coletadas em 2018 (C) e 2019 (D), nos municípios pernambucanos de Sertânia e Serrita, e submetidas à diferentes níveis de salinidade. Fonte: Autores.

Para as sementes coletadas em 2019 (Figura 1B), as que foram provenientes de Serrita - PE também germinaram mais em todos os potenciais osmóticos em relação aquelas coletadas em Sertânia - PE, entretanto a diferença de germinação das sementes das duas localidades não foi tão notória como a verificada para as sementes coletadas em 2018 (Figura 1A). Ainda, o declínio germinativo das sementes coletadas em Serrita - PE com o aumento da salinidade foi menos acentuado, visto que na ausência de salinidade a germinação foi de 89% e no potencial osmótico de -1,2 MPa foi de 71%. Salienta-se que as sementes coletadas em Sertânia - PE, apresentaram uma redução brusca na porcentagem de germinação

à partir de -0,4 MPa de NaCl, mas mesmo no potencial osmótico de -1,2 MPa as sementes de Sertânia - PE germinaram 42%.

Tal fato pode estar relacionado às condições de precipitação durante a produção e o processo de maturação. Deste modo, a redução e posterior ausência de chuvas no período correspondente a maturação das sementes, entre janeiro e julho de 2018 (Figura 2A), contribuiu para o desempenho desfavorável do lote coletado no respectivo ano em comparação ao lote das sementes colhidas em 2019 (Figura 2B), Marcos Filho (2015) destaca que o eixo embrionário da semente seja bastante susceptível quando exposto à condições adversas (Marcos Filho, 2015). O mesmo comportamento foi observado por Rego et al. (2007), quando ao avaliarem déficit hídrico e estresse salino em sementes de *A. colubrina*, verificaram a redução da germinação a partir do potencial de -1,0 MPa.

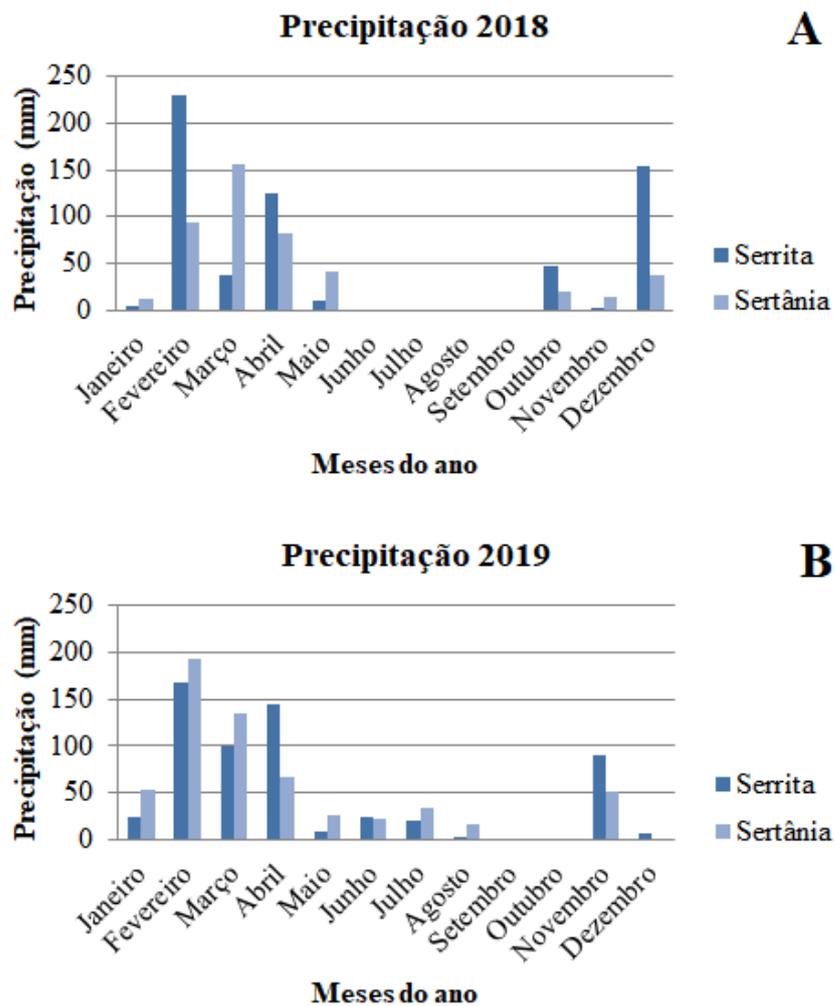


Figura 2. Precipitações pluviiais em 2018 (A) e 2019 (B), nos municípios pernambucanos de Sertânia e Serrita. Fonte: APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima), 2024.

Foi possível observar que a maior velocidade de germinação ocorreu nas sementes que não foram expostas à salinidade, sendo que as sementes coletadas em Sertânia - PE, no ano de 2019, apresentaram um índice de velocidade de germinação de 9,5 (Figura 1C). Os menores valores foram oriundos das sementes colocadas para germinar sob um potencial osmótico de -1,2 MPa, verificando se um índice de

velocidade de germinação de 1,0 para as sementes coletadas no ano de 2018, no município de Sertânia - PE (Figura 1D).

Ao avaliarem os efeitos de estresse salino e déficit hídrico, Santos et al. (2016) observaram que o índice de velocidade de germinação das sementes de *Cenostigma pyramidale* E. Gagnon & G. P. Lewis e angico foi menor sob o potencial osmótico, de 1,2 MPa, não havendo diferença significativa entre as espécies. Tal fato se dá, por meio da redução do potencial osmótico provocado pelo excesso de salinidade no substrato, afetando diretamente a absorção de água e deste modo limitando o desenvolvimento celular do embrião, além de ocasionar distúrbios fisiológicos as plantas estabelecidas (Gheyi et al., 2016; Tedeschi et al., 2017). Há um limite osmótico crítico, próprio de cada espécie, em que a partir dele não haverá mais germinação (Tribouillois et al., 2016).

Quanto ao tempo médio de germinação (TMG), foi possível observar que com o aumento das diferentes concentrações de NaCl, houve também um aumento no tempo médio de germinação. Os maiores valores de TMG foram verificados à partir do potencial osmótico de -1,0 MPa. As sementes coletadas em Sertânia - PE, no ano de 2018, demoraram mais tempo (três dias) para emitirem a raiz primária (Figura 3 A). Aquelas coletadas no município de Serrita - PE (Figura 3 B), demoraram mais dias para a emissão da raiz primária, sob o potencial osmótico de -1,2 Mpa, independente do ano de coleta.

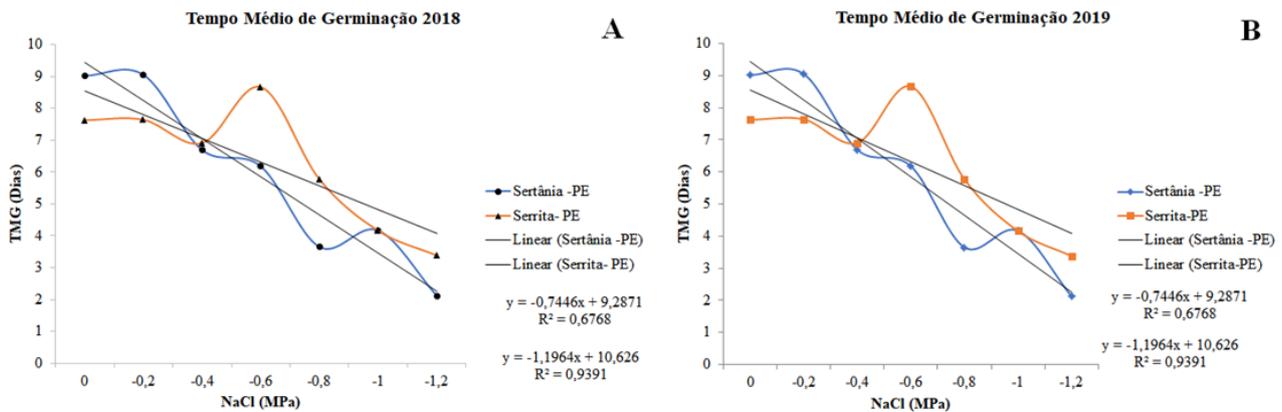


Figura 3. Porcentagem de germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina*, coletadas em 2018 (A) e 2019 (B), nos municípios pernambucanos de Sertânia e Serrita, e submetidas à diferentes níveis de salinidade.

Os resultados verificados para o tempo médio de germinação corroboram com os encontrados por Ribeiro e Pelacani (2006) ao avaliarem a resposta de sementes de angico a salinidade, no entanto, Santos et al. (2016) observaram que as sementes de angico, demoraram mais dias para germinar quando o potencial osmótico foi de -0,8 MPa. Tal variação entre as pesquisas pode ser atribuída ao local de coleta das sementes.

CONCLUSÃO

As sementes de *A. colubrina* coletadas em 2019 apresentaram capacidade germinativa acima de 50%, independente dos potenciais osmóticos de NaCl. As que foram coletadas em Serrita – PE apresentaram maior germinação, independente do ano de coleta.

Com o aumento dos potenciais osmóticos de NaCl, houve um menor número de sementes germinadas por dia assim como foi preciso mais tempo para que as sementes germinassem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andréo-Souza, Y. A. R. A., Pereira, A. L., Silva, F. F. S. D., Riebeiro-Reis, R. C., Evangelista, M. R. V., Castro, R. D. D., & Dantas, B. F. (2010). Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 83-92. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200010>;
- APAC. Secretaria de Defesa Civil de Pernambuco. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>;
- Bessa, M., Lacerda, C., Amorim, A., Bezerra, A., & Lima, A. (2017). Mecanismos de tolerância à salinidade em mudas de seis espécies arbóreas nativas do semiárido brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, 48(1), 157-165. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170018>;
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instruções para análises de sementes florestais (2013). Brasília, DF.
- Campos Filho, E. M.; Sartorelli, P. A. R. Guia de árvores com valor econômico (2015). São Paulo: Agroicone, 141.
- Dias, P. C., Xavier, A., Oliveira, L. S. D., Félix, G. D. A., & Pires, I. E. (2015). Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. *Cerne*, 21(1), 83-89. <https://doi.org/10.1590/01047760201521011381>;
- Ferreira, E. G. B. D. S., Matos, V. P., Sena, L. H. D. M., Oliveira, R. G. D., & Sales, A. G. F. A. (2013). Processo germinativo e vigor de sementes de *Cedrela odorata* L. sob estresse salino. *Ciência Florestal*, 23(1), 99-105. <https://doi.org/10.5902/198050988444>;
- Gheyi, H. R., da Silva Dias, N., & De Lacerda, C. F. (2010). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados (p. 472p). Fortaleza: INCTSal.
- Gordin, C. R. B., Marques, R. F., Masetto, T. E., & Souza, L. C. F. D. (2012). Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (Lf) Cass.). *Acta Botanica Brasilica*, 26, 966-972. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000400026>;
- IPCC 2014 Summary for policymakers In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment

- Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ed C B Field et al (Cambridge)(Cambridge University Press)(Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA) pp 1–32.
- Labouriau, L.G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria da OEA. 173p. 1983.
- Lima Júnior, J. A. D., & Silva, A. L. P. D. (2010). Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos.
- Machado Neto, N. B., Custódio, C. C., Costa, P. R., & Doná, F. L. (2006). Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, 28, 142-148. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000100020>;
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor.
- Marcos Filho, J. (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.
- Parmar, M. T., & Moore, R. P. (1968). Carbowax 6000, Mannitol, and Sodium Chloride for Simulating Drought Conditions in Germination Studies of Corn (*Zea mays* L.) of Strong and Weak Vigor 1. *Agronomy Journal*, 60(2), 192-195.
- Pelegrini, L. L., Borcioni, E., Nogueira, A. C., Koehler, H. S., & Quoirin, M. G. G. (2013). Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. *Ciência Florestal*, 23(2), 511-519. <https://doi.org/10.5902/198050989295>;
- Rego, S. S., Ferreira, M. M., Nogueira, A. C., & Grossi, F. (2007). Influência de potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan (Angico-branco)-Mimosaceae. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(S2), 549-551.
- Ribeiro, R. C.; Pelacani, C. R. (2006). Effect of manitol and NaCl on the germination of two leguminous species with importance to the Bahia dryland. *Sitientibus*, 6(2), 105-109.
- Santos, A. M. D. S., Bruno, R. D. L. A., Cruz, J. D. O., Silva, I. D. F. D., & Andrade, A. P. D. (2020). Variabilidade espacial do banco de sementes em área de Caatinga no Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal*, 30, 542-555. <https://doi.org/10.5902/1980509840039>;
- Santos, A. R. F. D. (2010). Desenvolvimento inicial de *Moringa oleifera* Lam. sob condições de estresse.
- Santos, C. A., da Silva, N. V., Walter, L. S., da Silva, E. C. A., & Nogueira, R. J. M. C. (2016). Germinação de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(87), 219-224.
- Team, R. C. (2020). R language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing.
- Tedeschi, A., Zong, L., Huang, C. H., Vitale, L., Volpe, M. G., & Xue, X. (2017). Effect of salinity on growth parameters, soil water potential and ion composition in *Cucumis melo* cv. Huanghemi in north-western China. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203(1), 41-55.

Tribouillois, H., Dürr, C., Demilly, D., Wagner, M. H., & Justes, E. (2016). Determination of germination response to temperature and water potential for a wide range of cover crop species and related functional groups. *PloS one*, 11(8), e0161185.

A cromatografia de Pfeiffer para avaliar a saúde do solo sob o algodão em sistema agroflorestal e convencional

Recebido em: 16/10/2024

Aceito em: 22/10/2024

 10.46420/9786585756433cap7

Gabrielly Cristiny Magalhães da Silva 

Nicollas Gabriel Silva Rocha 

Gustavo Henrique Andrade Quintino 

Wendel Carvalho 

Daniela Tiago da Silva Campos 

Henderson Nobre 

INTRODUÇÃO

O solo desempenha um papel fundamental na agricultura, influenciando o crescimento e desenvolvimento das plantas. É essencial buscar mecanismos que permitam compreender a área de trabalho, visando alcançar melhores resultados de produtividade por meio de práticas de manejo mais adequadas, como o manejo sustentável.

As formas de manejo do solo são diversas, e o cultivo convencional é uma prática amplamente difundida. Ele envolve operações primárias e secundárias que impactam a biomassa microbiana, a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (Dick, 1992). No entanto, esse modelo geralmente demanda elevado uso de insumos agroquímicos, sem priorizar as questões ambientais (Carvalho, 2020).

Em contrapartida, o manejo sustentável surge como uma alternativa para mitigar as complicações ambientais associadas ao cultivo convencional, destacando os agroecossistemas, que buscam conservar e aumentar a biodiversidade em paralelo ao desenvolvimento sustentável (Rosset et al., 2014).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm a capacidade de recuperar áreas degradadas, melhorando as propriedades físico-químicas do solo e favorecendo sua microbiota, apresentando vantagens ambientais em comparação com sistemas agrícolas intensivos e monocultivos (Pezarico et al., 2013).

O algodão tradicional, predominantemente cultivado em sistemas de monoculturas, gera consequências ambientais significativas (Lavratsi, 2022), ressaltando a urgência da expansão do cultivo de algodão agroecológico, que beneficia tanto o solo quanto os ecossistemas.

Para avaliar as qualidades relevantes do solo, é crucial considerar sua capacidade de desempenhar funções no ecossistema, fornecendo nutrientes às plantas em proporções adequadas e promovendo a produtividade biológica, além de apresentar indicadores de qualidade da água e do ar. Recomenda-se adotar indicadores de qualidade sensíveis às variações ambientais, com mudanças perceptíveis em curtos e médios prazos (Pezarico et al., 2013).

De acordo com Siqueira (2016), a complexidade do solo requer abordagens qualitativas, sendo a cromatografia de Pfeiffer uma ferramenta para analisar o solo de maneira qualitativa, interpretando cores, formas e harmonias na superfície plana. Esse método avalia as interações biológicas, elementos enzimáticos e minerais no solo (Pinheiro, Santos & Kuss; 2018).

Um estudo realizado por Hernández-Rodríguez *et al.* (2021), utilizando a cromatografia de Pfeiffer, avaliou as características físicas, químicas e biológicas de amostras de solo em um pomar de macieiras com diferentes manejos agrônômicos e correlacionaram os resultados com análises de laboratório convencionais. Evidenciando a cromatografia como uma ferramenta útil para estimar a qualidade do solo.

Os solos expressam diferentes tipos de cromatogramas de acordo com suas condições específicas, revelando suas características distintas. A interpretação dos resultados obtidos requer conhecimento prévio por parte do agricultor ou pesquisador sobre a análise de cromatografia de Pfeiffer. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar qualitativamente os solos sob o cultivo de algodão em SAFs, comparando-os ao cultivo convencional de algodão por meio da cromatografia de Pfeiffer.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), campus de Cuiabá, localizada na cidade de Santo Antônio de Leverger, MT. No local há uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) para os trabalhos com o algodão. O clima da região é do tipo Aw, segundo classificação do Köppen.

O tamanho da área experimental foi de 3360 m² (56 X 60 m), dividida em quatro blocos, que tinham duas linhas de árvores frutíferas e arbóreas e seis linhas de algodão entre elas, totalizando 12 linhas de algodão em cada bloco.

O Sistema Agroflorestal constitui-se por linhas de biomassa e linhas de árvores. As linhas de biomassa eram compostas pelos seguintes cultivares: Margaridão (*Tithonia diversifolia*) no Bloco 1, Feijão-de-Porco (*Canavieira ensiformis*), Guandu (*Cajanus cajan*) e Crotalaria (*Crotalaria* spp) nos Blocos 2 e 4, Gliricídia (*Gliricidia sepium*) no Bloco 3. Nas linhas arbóreas, localizadas nas extremidades de cada bloco, as principais variedades presentes foram o Eucalipto (*Eucalyptus* spp), Pinho-Cuiabano (*Schizolobium parahyba*) e Mutamba (*Guazuma ulmifolia*), Goiaba (*Psidium guajava*), Mamão (*Carua papaya*), Pequi (*Cariocar brasiliense*), Cumbaru (*Diperyx alata*), Banana (*Musa* spp), Ingá (*Ingá* spp), Caju (*Anacardium occidentale*) e Urucum (*Bixa orellana*). O algodão da variedade BRS Aroeira foi cultivado de dezembro de 2022 a maio de 2023.

Coleta e preparo do solo

A coleta das amostras de solo foi feita em dois locais dentro de cada bloco, sendo uma delas entre as linhas do algodoeiro e outra nas proximidades das plantas de biomassa, após 129 dias do plantio do algodoeiro.

As unidades amostrais de solo do Bloco 1 foram identificadas como B1/1 para aquelas coletadas entre as linhas do algodão e B1/2 para as unidades próximas das plantas de biomassa.

Os solos foram coletados na profundidade de 0-10 cm, com o auxílio de trado Holandês. Após a coleta foram acondicionados em sacos plásticos previamente identificados e foram encaminhados para o Laboratório de Microbiologia do Solo da UFMT, onde foram realizadas as análises.

As amostras foram inicialmente peneiradas com o auxílio de peneira de 28 Mesh e separado 5 gramas de solo para a pesagem individual. O preparo da solução de solo foi efetuado em tubo Falcon de 50 mL, inserindo 5 g de solo peneirado e 50 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 1 %. A solução foi agitada em Vórtex por 2 vezes e deixada sob repouso por 15 minutos, após a terceira agitação as amostras foram deixadas por 6 horas em repouso. Em seguida, com o auxílio de uma pipeta de precisão coletou-se 5 mL do sobrenadante ao qual foi utilizado para a cromatografia de Pfeiffer.

Cromatografia de Pfeiffer

Para a realização da Cromatografia de Pfeiffer (CCP) foi utilizada a metodologia disponibilizada por Pilon, Cardoso e Medeiros (2018). Inicialmente preparou-se o papel filtro circular de 15 cm de diâmetro. O papel foi dobrado ao meio por duas vezes, com o objetivo de realizar marcações no centro, a 4 cm e 6 cm do centro com o auxílio de uma régua e lápis. Foram então realizadas perfurações com uma agulha de costura nessas marcações. Uma segunda folha de papel filtro foi recortada em 2x2 cm para fazer o capilar que foi encaixado no centro do papel filtro circular.

O papel foi acondicionado dentro de um ambiente escuro, em cima de uma placa de Petri contendo uma tampa de tubo Falcon onde posteriormente foi adicionado o líquido para a cromatografia.

A solução inicialmente utilizada na tampa do tubo Falcon foi o nitrato de prata (AgNO_3) na concentração de 0,5 %, onde foi absorvida pelo capilar até a primeira marcação de 4 cm. O capilar foi então retirado e o papel mantido no ambiente escuro para secagem por 24 h. Então, voltou-se o capilar para o papel filtro circular e a solução de solo foi adicionada na tampa do tubo Falcon, onde foi absorvida até a marcação de 6 cm. Em seguida, o material foi conduzido para a secagem de 14 dias em ambiente iluminado, sem insolação direta.

Interpretação dos resultados

A partir dos cromatogramas obtidos foi realizada a análise de cada uma das zonas da cromatografia de Pfeiffer no papel filtro, havendo a divisão em zona central (ZC), zona interna (ZI), zona intermediária (ZM) e a zona externa (ZE). Cada uma dessas zonas expressa determinada característica do

solo. Há ainda a avaliação da transição entre as diferentes zonas. Segundo a metodologia do Laboratório Holandês Soil-Tech Solutions (2008), são atribuídas notas de 1 a 10 para cada zona do cromatograma, conforme ilustra a Figura 1.

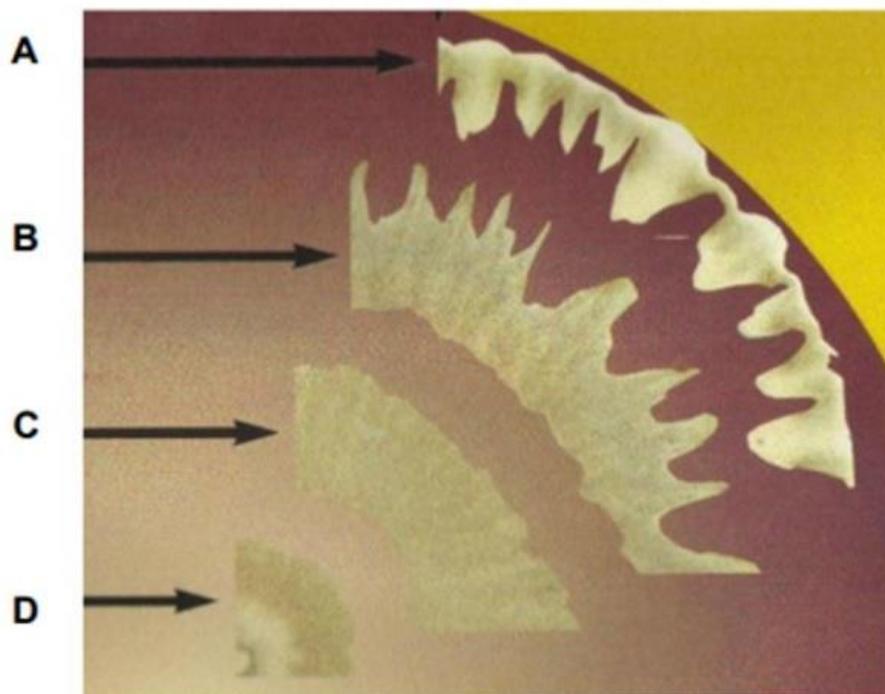


Figura 1. Comparação entre os “dentes” na zona intermediária nos cromatogramas das amostras B1/2 (A) e B2/2 (B). Fonte: Soil-tech, 2008.

A zona central evidencia a atividade e metabolismo microbológico, deve apresentar a coloração mais clara para solos em boas condições. Os tons marrons ou muito escuros demonstram o oposto, havendo baixo metabolismo microbiano, o que pode ser indicativo de solos precarizados, afetados por compactação, desestruturados e pobres em matéria orgânica (Matos, 2022). A zona central precisa apresentar o tamanho ideal e proporcional em comparação com as demais zonas, não podendo ser muito pequeno ou muito grande (Soil-Tech Solutions, 2008).

A zona interna, a qual segue após a zona central, está ligada com a aeração e umidade do solo, também há contribuição dos microrganismos. É necessário a visibilidade das linhas radiais que se estendem do croma com a coloração de tom claro, elas expressam a adequada aeração do solo (Soil-Tech Solutions, 2008). Na zona intermediária, observa-se os “dentes” que compõem o cromatograma, quando o solo apresenta boas condições em relação a quantidade de matéria orgânica eles devem ser pontiagudos e espaçados de modo uniforme (Figura 2). Segundo Matos (2022), essa zona revela não apenas a matéria orgânica de maneira isolada, mas considera tanto a proporcionalidade de acordo com as condições físicas do solo e como as suas atividades macro e microbológica.

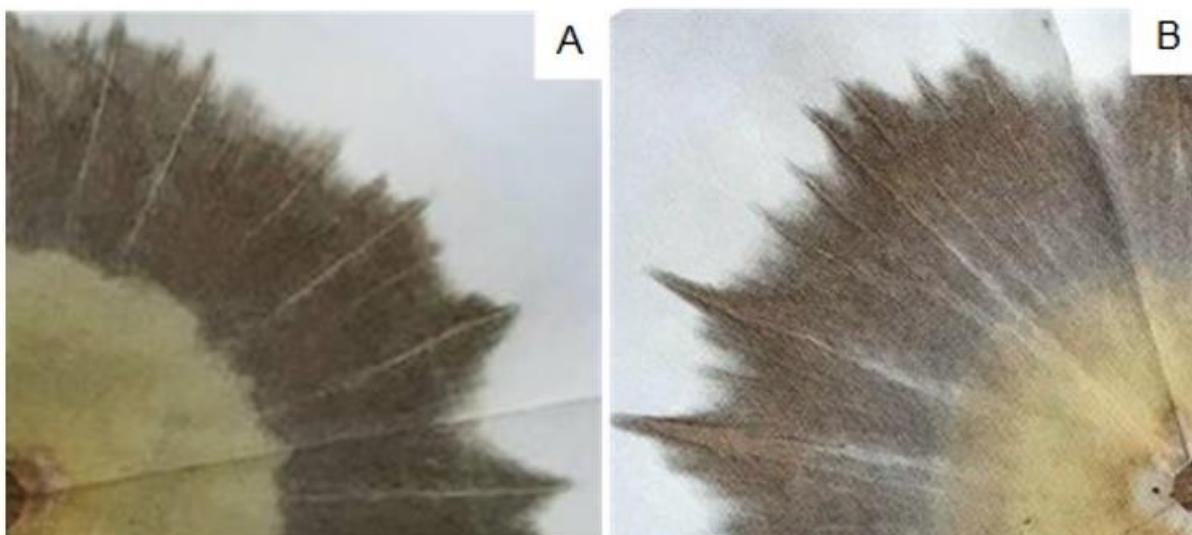


Figura 2. Comparação entre os “dentes” na zona intermediária nos cromatogramas das amostras B1/2 (A) e B2/2 (B). Fonte: os autores.

A última zona do cromatograma é a zona externa, nela evidencia a condição de húmus no solo, é o estado da matéria orgânica. A sua coloração deve ser marrom claro ou bege. Quando há uma borda castanha escura nesta zona, expressa a matéria orgânica fresca não convertida. A zona externa também revela o aspecto nutricional do solo (Matos, 2022).

A média das notas, atribuídas dentro de uma escala de 1,0 a 10,0, na avaliação de cada zona dos cromatogramas foram utilizadas para julgar cada aspecto determinado do solo conforme a característica da zona analisada. Realizou-se a comparação entre o manejo agroecológico do algodoeiro e o manejo convencional. Também foi feito o comparativo entre cada bloco dentro do manejo agroecológico, verificando as diferenças entre os tratamentos localizados nas entrelinhas do algodão e nas linhas do SAF (Sistema Agroflorestal).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de significância utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir dos cromatogramas e plotados em teste estatístico estão apresentados na Tabela 1, enquanto as imagens dos cromatogramas de cada tratamento estão na Figura 3.

Tabela 1. Notas da avaliação das zonas dos cromatogramas, de solos sob o cultivo do algodão agroecológico em SAF e em cultivo convencional, safra 2023, Santo Antônio do Leverger, MT. Fonte: os autores.

Tratamentos	Cor ZC	Tam ZC	ZI	ZM	Nuv ZE	Cor ZE	Relac
B1/1	7,0 a*	6,7 b	5,6 c	6,0 ^{*ns}	6,0 b	7,0 a	6,6 b
B1/2	6,6 a	7,0 a	7,0 b	5,6	6,0 b	7,0 a	7,6 a
B2/1	5,0 b	7,3 a	8,6 a	5,6	6,0 b	7,0 a	7,6 a
B2/2	3,6 c	7,3 a	9,0 a	7,6	6,0 b	7,0 a	8,0 a
B3/1	7,0 a	7,6 a	5,3 c	5,6	6,0 b	7,0 a	6,0 b
B3/2	7,0 b	5,0 c	6,6 b	6,0	6,0 b	7,0 a	6,0 b
B4/1	5,3 b	6,3 b	7,0 b	6,0	6,0 b	7,0 a	7,0 a
B4/2	5,6 c	6,3 b	6,0 b	6,0	6,0 b	7,0 a	7,3 a
CONV	2,0 d	8,0 a	8,0 a	6,3	7,6 a	5,0 b	8,0 a
CV (%)	14,04	10,88	9,86	17,98	5,29	8,52	7,12

*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott. Cor ZC: cor da zona central; Tam ZC: tamanho da zona central; ZI: zona interna; ZM: zona intermediária; Nuv ZE: Nuvem de húmus na zona externa; Cor ZE: cor da zona externa; Relac: relacionamento das zonas entre si.

Em relação à cor da zona central (Cor ZC), o solo cultivado com algodão de manejo convencional (CONV) apresentou a nota 2,0, sendo a menor média em comparação ao solo sob manejo agroecológico de algodão. Essa zona revelou coloração em tons marrons escuros, indicativo possivelmente associado ao baixo metabolismo microbiano e à utilização de agrotóxicos (Matos, 2022). No cromatograma do solo com manejo agroecológico, a cor da zona central variou entre bege e claro, com notas predominantemente entre 5,0 e 7,0, indicando atividade e metabolismo microbiológico em nível mediano. Notas a partir de 8,0 são consideradas “boas” segundo os critérios do laboratório Soil-Tech Solutions (2008). Nos blocos B1, B3 e B4, não houve diferença entre as amostras do cultivo agroecológico coletadas nas entrelinhas do algodão e nas cultivares de biomassa no SAF. Apenas no bloco B2 houve diferença na cor da ZC nas unidades B2/2 e B2/1.

Para o tamanho da zona central (Tam ZC), não foram observadas diferenças significativas entre o cultivo convencional do algodoeiro e o cultivo agroecológico nas unidades amostrais B2/1, B2/2, B3/1 e CONV, que apresentaram notas entre 7,3 e 8,0, com uma avaliação mediana a boa. As demais unidades do solo do cultivo agroecológico, nos blocos B4 e B1, apresentaram notas entre 5,0 e 7,0, expressando menor proporcionalidade no tamanho da zona central. No Bloco 3, a unidade do solo localizada nas entrelinhas do algodão (B3/1) obteve menor nota para o tamanho da ZC em relação à unidade próxima das plantas de biomassa (B3/2), indicando que as plantas de biomassa nessa região não contribuíram significativamente para a avaliação do tamanho da zona central.

Os resultados da avaliação da zona interna (ZI) nos blocos B1/2 e B3/2 obtiveram maior nota nas amostras de solo coletadas na região das cultivares de biomassa no SAF, apresentando linhas radiais

visíveis no cromatograma. Enquanto aquelas nas entrelinhas do algodoeiro tiveram notas menores (B1/1 e B3/1), indicando a contribuição das cultivares de biomassa para a aeração do solo, resultado que corrobora com o estudo de Filho e Vieira (2019), no qual a utilização da fitomassa auxiliou na melhoria das propriedades físicas do solo. Nos blocos B4 e B2, não houve diferença estatisticamente significativa entre as regiões das amostras de solo. Sobre o cromatograma do cultivo convencional (CONV), obteve menor nota em relação ao manejo agroecológico no bloco B2, indicando maior nível de aeração, com nota 8,0 em CONV e notas 8,6 e 9,0 em B2/1 e B2/2, respectivamente.

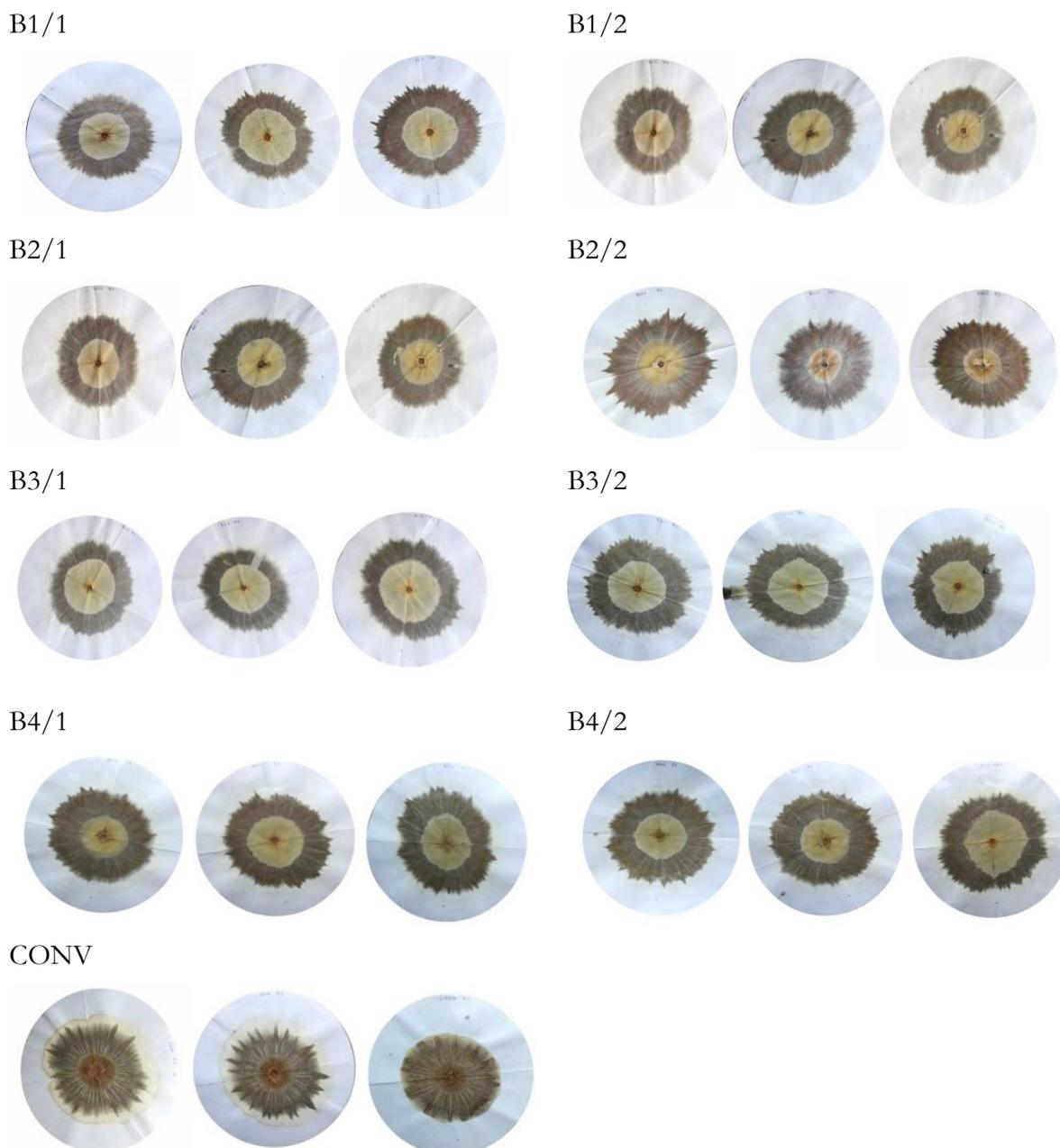


Figura 3. Cromatogramas de cada tratamento obtidos a partir da cromatografia de Pfeiffer. Fonte: os autores. *Unidades amostrais nas entrelinhas do algodoeiro no cultivo agroecológico: B1/1, B2/1, B3/1 e B4/1; Unidades amostrais próximas das plantas de biomassa no cultivo agroecológico: B1/2, B2/2, B3/2 e B4/2; Unidades amostrais no cultivo convencional: CONV.

Em todos os tratamentos de cultivo do algodoeiro, a avaliação da zona intermediária (ZM) não apresentou diferenças significativas estatisticamente, manifestando cromatogramas com dentes pontudos e zona estreita, indicando avaliação razoável nas condições da matéria orgânica (Soil-Tech Solutions, 2008).

Na análise da nuvem de húmus e da cor da zona externa (Nuv ZE e Cor ZE), que representam a expressão de matéria orgânica fresca não convertida e o aspecto nutricional do solo, houve evidente distinção entre o manejo agroecológico do algodão e o manejo convencional. Não foram observadas diferenças significativas estatisticamente nas notas da nuvem de húmus da zona externa (Nuv ZE) entre o solo das entrelinhas do algodão e o solo próximo às plantas de biomassa, com notas entre 6,0 e 6,6, indicando presença razoável de nuvens no cromatograma. Apenas o cultivo convencional (CONV) apresentou destaque com a nota 7,6, indicando uma avaliação das nuvens da zona externa mais próxima do ideal.

A cor da zona externa (Cor ZE) no manejo agroecológico não diferiu estatisticamente nos blocos das entrelinhas do algodão e nas proximidades das plantas de biomassa, predominando a nota 7,0. O cromatograma exibiu coloração expressivamente clara e bordas estreitas, revelando um aspecto nutricional intermediário (Matos, 2022). Em relação ao cultivo convencional (CONV), na cor da zona externa, com a avaliação de nota 5,0, revelou declínio em oposição ao manejo agroecológico, apresentando tons escuros no cromatograma e indicando a presença de matéria orgânica fresca não convertida, ou seja, ainda não metabolizada pela ação microbiana (Siqueira, 2016).

Os blocos B2/2, B2/1, B1/2 e CONV apresentaram melhores resultados na relação das zonas entre si (Relac) em comparação com os demais tratamentos, com notas entre 7,6 e 8,0, evidenciando que as zonas fluem suavemente umas para as outras (Soil-Tech Solutions, 2008). Somente no bloco B1, a nota da amostra de solo localizada próxima das plantas de biomassa (B1/2) foi maior que a nota da unidade de solo das entrelinhas do algodão (B1/1). Os blocos B2, B3 e B4 não evidenciaram diferença quanto ao tratamento no manejo agroecológico do algodoeiro, indicando que a presença das plantas de biomassa não influenciou na avaliação da relação das zonas do cromatograma. Segundo a pesquisa de Carneiro et al. (2008), é possível concluir que as plantas possuem variações na alteração da atividade do solo conforme cada espécie, explicando as diferentes influências das cultivares de biomassa na composição das zonas do cromatograma.

CONCLUSÃO

Na avaliação da cor da zona central (CorZC) do cromatograma, o plantio convencional do algodão (CONV) evidenciou menor avaliação em relação ao solo cultivado com o manejo agroecológico, demonstrando efeitos negativos na vida microbiana do solo.

Em relação a zona interna (ZI), duas unidades de solo próximas das plantas de biomassa (B1/2 e B3/2) foram melhores avaliados em relação às unidades amostrais das entrelinhas do algodoeiro (B1/1,

B2/1, B3/1), permitindo avaliar a qualidade do solo entre cada bloco dentro do manejo agroecológico pelo efeito das plantas de biomassa.

Na zona externa (ZE) do cromatograma é clara a distinção entre o solo do cultivo convencional do algodão e o do cultivo agroecológico. O CONV apresentou melhor nota na avaliação da nuvem de húmus (Nuv ZE) e a mais baixa nota na avaliação da cor da zona externa (Cor ZE) e comparação com o manejo agroecológico do algodoeiro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FARFARM pelo auxílio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carneiro, M. A. C., Coedeiro, M. A. S., Assis, P. C. R., Moraes, E. S., Pereira, H. S., Paulino, H. B., & Souza, E. (2008). Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Bragantia*, 67(2), 455-462.
- Carvalho, F. P. (2020). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 9(2), e201. DOI: DOI:10.1002/fes3.201.
- Dick, R. P. (1992). A review: Long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 40, 25-36. DOI: 10.1016/0167-8809(92)90081-L
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. DOI: 10.1590/S1413-70542014000200001
- Filho, A. B. F., & Vieira, A. F. S. (2019). A utilização de fitomassa na recuperação de solo degradado – Vila Buriti/ Manaus (AM). *Mercator*, 18, e18028. DOI: 10.4215/rm2019.e18028
- Hernández-Rodríguez, A., Ochoa-Rodríguez, B., Ojeda-Barrios, D., Jiménez-Castro, J., Sánchez-Rosales, R., Rodríguez-Roque, M. J., & Sánchez-Chávez, E. (2021). Patterns for estimating soil fertility using Pfeiffer's chromatography technique. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, e844. DOI: 10.28940/terra.v39i0.844.
- Lavrati, G. (2022). Tendência global de desenvolvimento sustentável e a cadeia produtiva do algodão orgânico [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório da UFSC.
- Mariani, C. M., & Henkes, J. A. R. (2014). Agricultura orgânica vs. agricultura convencional: Soluções para minimizar o uso de insumos industrializados. *Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, 3(2), 315-338. DOI: 10.19177/rgsa.v3e22014315-338
- Matos, C. R. A. (2022). Cromatografia de Pfeiffer aplicada na avaliação da fertilidade do solo sob diferentes sistemas de produção [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia]. Repositório da UFU.

- Miranda, A. A. C., Salla, L. M. X., & Araújo, A. E. (2018). Uso da Cromatografia de Pfeiffer como indicador de qualidade do solo: Monitoramento do manejo agroecológico da UR - MECA/UFPB. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1). Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/1321>
- Pezarico, C. R., Vitorino, A. C. T., Marcantes, F. M., & Omar, D. (2013). Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. *Revista de Ciências Agrárias*, 56(1), 40-47. DOI: 10.4322/rca.2013.004
- Pilon, L. C., Cardoso, J. H., & Medeiros, F. S. (2018). Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- Pinheiro, S. M., Santos, R. S., & Kuss, A. V. (2018). Aplicação da Cromatografia Circular de Pfeiffer utilizando diferentes papéis filtro para avaliação de amostras de solo obtidas em propriedades rurais do sul do Estado do Rio Grande do Sul. *Anais eletrônicos, XXXVII Congresso de Iniciação Científica*, 4. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/cic/anais/anais-2018/>
- Rosset, J. S., Coelho, F. G., Greco, M., Strey, L., & Junior, A. C. G. (2014). Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: Modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. *Scientia Agraria Paranaensis*, 13(2), 80-94. DOI: 10.18188/sap.v13i2.7351
- Siqueira, I. (2016). Avaliação da fertilidade e vitalidade do solo pela cromatografia de Pfeiffer e seu potencial para motivar manejos agroecológicos. Tese [Especialização em Agricultura Familiar e Educação do Campo]. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria
- SoilTech Solutions. (2008). *Chromabeoordeling*. Biezenmortel, Netherlands. Recuperado de <https://www.bio-ron.com/images/stories/files/chroma-analyse.pdf> (Acessado em janeiro de 2024).

Biomarcadores em peixes de cultivo: uma perspectiva de monitoramento sanitário e ambiental para a defesa sanitária animal

Recebido em: 16/10/2024

Aceito em: 29/10/2024

 10.46420/9786585756433cap8

Clidilene Nogueira de Alencar Miranda 

Débora Martins Silva Santos 

Verdson Frazão Ferreira 

Natália Jovita Pereira 

Ingrid Caroline Moreira Lima 

Marianna D'Marco Araújo Laranja Pinto 

Cauã Farias Trindade Lins 

Denise da Silva Sousa 

INTRODUÇÃO

A pesca e a aquicultura continuam a ser mundialmente fontes importantes de alimentação, nutrição, renda e meios de subsistência para milhões de pessoas. De modo que em 2023, o consumo mundial per capita estimado de pescado atingiu o recorde de 20,7 kg, impulsionado pelo crescimento da aquicultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2024).

No segmento da piscicultura, no mesmo ano, o Brasil produziu 887.029 toneladas de peixes de cultivo, classificando-se como o quarto maior produtor mundial de tilápia, a qual representou 65,3% (579.080 toneladas) da produção nacional dos peixes de cultivo. No entanto, a produção de peixes nativos teve um desempenho 1,3% inferior ao de 2022, com volume de produção de 263.479 toneladas (Associação Brasileira da Piscicultura [Peixe BR], 2024).

O avanço da piscicultura está relacionado, entre outros fatores, ao aumento da produtividade e competitividade, bem como ao aprimoramento das medidas de biossegurança e sanitárias (Barcellos, 2022). Em particular, este último fator tem sido protagonista no cenário da aquicultura brasileira, visto que a manutenção da sanidade dos animais é imprescindível para o futuro de qualquer criação. Essa responsabilidade é a principal atribuição do Serviço de Defesa Sanitária Animal, que executa medidas de profilaxia, controle e erradicação de enfermidades com impactos econômicos, sanitários ou de saúde pública (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA], 2018).

O reconhecimento da importância da questão sanitária vem associado às preocupações dos mercados consumidores relacionadas à segurança alimentar, à sustentabilidade e ao bem-estar animal. Dessa forma, as medidas sanitárias têm sido cada vez mais presentes e exigidas no comércio nacional e internacional de produtos de origem animal (Graça, Barreto & Ale, 2023). Nesse cenário, nos últimos

anos, o Brasil tem promovido políticas e formulado programas sanitários de controle e erradicação de diversas doenças de animais, na busca pela garantia da qualidade do produto nacional e pela consequente construção de uma imagem positiva no mercado externo (Menezes, 2019).

O Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos (PNSAA) tem por finalidade, garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção de animais aquáticos e a sanidade da matéria-prima obtida a partir dos cultivos nacionais e desempenha um papel importante na manutenção da saúde pública ao garantir as condições sanitárias adequadas dos animais destinados ao consumo humano. A atuação do programa se dá em duas frentes principais: sanidade em aquicultura e controle higiênico sanitário de moluscos bivalves (MAPA, 2020).

A base legal do PNSAA é a Instrução Normativa (IN) nº 4 de 04/02/2015 (Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura [MPA], 2015), alterada pela IN nº 4 de 28/02/2019 (MAPA, 2019) que serve como alicerce para a estruturação dos serviços de defesa sanitária que executam, nos estados, a política pública em sanidade dos peixes, crustáceos, moluscos e outros animais destinados à aquicultura, em qualquer fase de seu desenvolvimento na água. Por essa norma fica determinado que todo estabelecimento que cultiva ou mantém animais aquáticos para qualquer finalidade deve ser cadastrado no órgão de defesa agropecuária ou nas secretarias de agricultura, e a ocorrência de enfermidades em seus criatórios deve ser comunicada aos órgãos e instituições responsáveis pela fiscalização.

Os desafios enfrentados pelo Serviço Veterinário Oficial dos órgãos de Defesa Sanitária Animal na execução do PNSAA são diversos, como a implementação de programas de biossegurança; realização de diagnósticos precisos para identificar e tratar enfermidades; a certificação sanitária das propriedades aquícolas; a promoção de educação sanitária; capacitação dos produtores e por fim, a fiscalização e o monitoramento contínuo dos sistemas intensivos de criação (MAPA, 2015).

No contexto da fiscalização e diante da crescente demanda da produção aquícola, vários procedimentos para avaliar um conjunto de indicadores ambientais, contextualizados à piscicultura, estão sendo validados e disponibilizados, tendo em vista que a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos tem induzido o setor produtivo a mover-se em direção à busca de um sistema de gestão ambiental (Rotta & Queiroz, 2003). Sendo a avaliação da qualidade da água, um dos fatores mais importantes, diretamente relacionado ao sucesso da atividade.

Além da avaliação da água, outra abordagem amplamente utilizada em estudos de monitoramento ambiental é a análise dos peixes como bioindicadores, por meio das suas respostas biológicas denominadas de biomarcadores, que por sua vez, em áreas impactadas pela contaminação, podem indicar o grau de severidade na saúde desses organismos e os potenciais estressores envolvidos (van der Oost, Beyer & Vermeulen, 2003; Parente & Hauser-Davis., 2013). Desse modo, os bioindicadores são descritos na literatura como excelentes modelos biológicos em estudos de biomonitoramento (Schlenk, 1999; Lionetto, Caricato, Calisi, Giordano & Schettino, 2013). E para a piscicultura, poderá auxiliar na redução

de eventuais impactos negativos da atividade sobre o ambiente e, ainda contribuir para aumento da produtividade (Ishikawa, Queiroz, Nascimento, Pádua, & Martins, 2020).

MATERIAL E MÉTODOS

Para demonstrar a aplicabilidade do uso de biomarcadores em peixes de cultivo para monitoramento ambiental e sanitário foi realizada uma revisão de literatura sistemática integrativa de pesquisas sobre essa temática ampliada aos peixes de vida livre, por meio da busca de artigos na base de dados do Periódico CAPES do Ministério da Educação, que reúne dados das bases de periódicos científicos mais relevantes no âmbito mundial.

As etapas do processo de organização dessa revisão foram:

- 1) Elaboração de uma problemática de pesquisa ou elaboração da pergunta norteadora;
- 2) Condução da busca ou amostragem na literatura;
- 3) Especificação dos métodos de seleção e avaliação com detalhamento do procedimento de extração de dados dos artigos selecionados;
- 4) Indicação da abordagem para análise de dados.

Foram definidos para a busca dos artigos, os seguintes descritores e suas combinações: “Biomarcador AND peixe”; “Biomarcadores AND peixes”; “Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento”; “Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento AND piscicultura”; “Biomarcadores AND peixes de cultivo”; “Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring”; “Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring AND pisciculture”; “Biomarkers AND farmed fish AND Biomonitoring”.

Para a seleção dos estudos, o uso dos descritores na base de dados da CAPES, permitiu a identificação de pesquisas que citavam as palavras chaves e que estavam dentro dos critérios dos filtros selecionados, que foram: artigos publicados nos idiomas português e inglês, no intervalo temporal de 2000 a 2024, em periódicos das áreas de agrárias, biológicas e multidisciplinar.

Considerando a elegibilidade para inclusão na revisão, foram selecionados os artigos originais, analíticos qualitativos e quantitativos, amostrais, direcionados ao tema de interesse. Para início da análise do estudo sistemático foram extraídas dos artigos, as seguintes informações: autores, título, data da publicação, objetivo do estudo, material e métodos (local de estudo, amostragem, instrumento de pesquisa, parâmetros analisados) e principais resultados. Como critério de exclusão foram considerados os estudos cuja abordagem não tivesse correlação com a temática pesquisada ou em desacordo com o objetivo da revisão, o tipo de metodologia empregada, artigos repetidos ou com inconsistências na base de dados utilizada.

Em seguida, os estudos remanescentes passaram por leitura criteriosa dos títulos e resumos para avaliação da qualidade metodológica de cada pesquisa, o que permitiu a coleta das principais informações para a avaliação das evidências apresentadas, sendo excluídas aquelas com resultados pouco esclarecidos.

Todas as pesquisas que avançaram pelo fluxo de elegibilidade foram submetidas a uma leitura completa, com a realização da síntese dos resultados de cada estudo.

Desse modo, a partir das estratégias de busca, 623 artigos foram identificados na base de dados da CAPES. Destes, 576 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos, resultando em 47 artigos selecionados para leitura do título e resumo (Tabela 1), dos quais 18 foram dispensados, por duplicação e/ou inconsistência após nova avaliação, restando na etapa final, 29 pesquisas para compor os resultados e discussão da presente revisão sistemática (Figura 1).

Tabela 1. Número de artigos selecionados, conforme a combinação dos descritores escolhidos com aplicação dos filtros de elegibilidade desta revisão. Fonte: os autores.

Descritor	Número de Artigos
Biomarcador AND peixe	06
Biomarcadores AND peixes	09
Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento	05
Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento AND piscicultura	00
Biomarcadores AND peixes de cultivo	02
Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring	20
Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring AND pisciculture	01
Biomarkers AND farmed fish AND Biomonitoring	04
Total	47

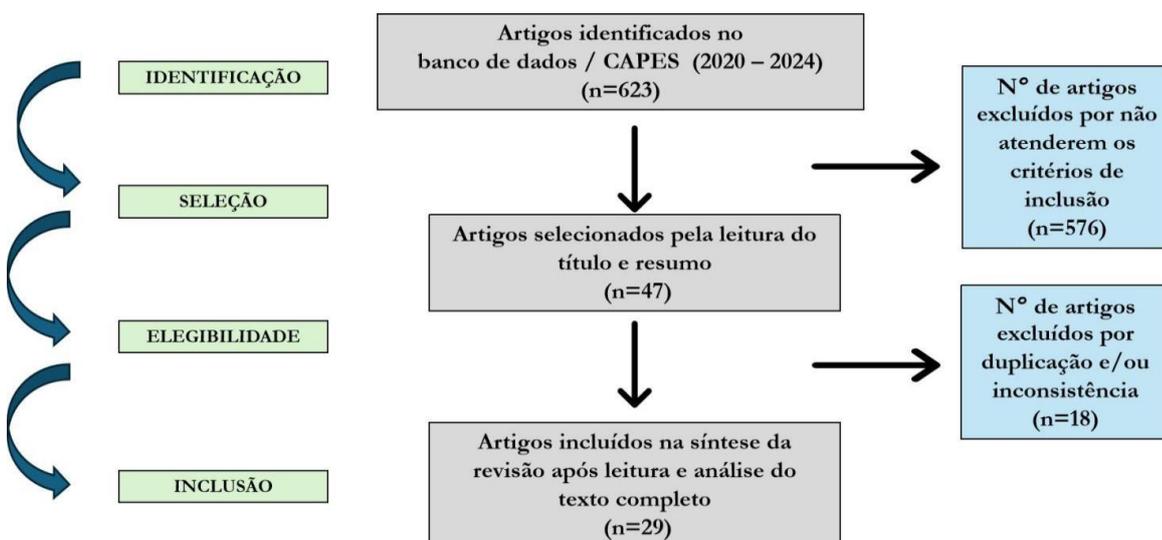


Figura 1. Fluxograma das etapas de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos artigos da revisão sobre uso de biomarcadores em peixes para biomonitoramento. Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor apresentação dos resultados sobre biomarcadores em peixes utilizados em estudos de biomonitoramento aquático, os 29 artigos eleitos foram estruturados e sintetizados em tópicos principais relacionados ao tema geral.

Peixes como bioindicadores de contaminação aquática

Com o objetivo de avaliar a qualidade ambiental de diferentes recursos hídricos como estuários, represas, rios e lagos, assim como de sistemas de aquírios experimentais para desenvolvimento de ferramentas de monitoramento, as literaturas consultadas selecionaram cerca de 27 espécies de peixes como bioindicadores de poluição aquática e apenas na pesquisa de Labarrère, Menezes e Melo (2012), a identificação taxonômica limitou-se aos gêneros dos espécimes capturados (*Hoplias sp.*, *Hypostomus sp.*, *Piaractus sp.*, *Pimelodus sp.* e *Prochilodus sp.*). Sendo mais utilizados os exemplares de tilápia, *Oreochromis niloticus* (13,8%) analisados por Oliveira, Sousa, Almeida, Castro e Carvalho-Neta (2016); Corrêa, Abessa, Santos, Silva e Seriani (2016); Oliveira et al. (2023) e Lima et al. (2023); do bagre-branco, *Sciades herzbergii* avaliado de forma individual (10,3%) por Castro et al. (2018); Soares, Sousa, Jesus e Carvalho-Neta (2020) e Macedo et al. (2024) e em conjunto com o bandeirado, *Bagre bagre* (3,4%) na pesquisa de Sousa, Almeida e Carvalho-Neta (2013). O peixe traíra, *Hoplias malabaricus*, avaliado por Castro, Silva, Freitas e Carvalho-Neta (2014); de Jesus, Colombi, Ribeiro, Assis e Carvalho (2013), representou um percentual de 6,9% dos estudos (Tabela 2).

As justificativas mais apresentadas pelos pesquisadores para a escolha das espécies listadas na Tabela 2, foram a ampla distribuição nos ambientes estudados, a fácil captura, o valor comercial agregado e pela eficácia já comprovada como modelos de bioindicadores, principalmente para avaliação da qualidade da água, conforme registrado nos trabalhos de Nogueira, Castro, Vieira e Rigolin-Sá (2011) com espécies de *Pimelodus maculatus* presentes em reservatório de uma usina hidroelétrica (MG), nas pesquisas de Pereira et al. (2020) com exemplares de *Psectrogaster amazonica* oriundos do Rio Mearim (MA) e nos estudos realizados por Macedo et al. (2024) com *S. herzbergii* em sítios estuarinos na Baía de São Marcos (MA).

Já a potencialidade de *Astyanax bifasciatus* na Bacia do Rio Iguaçu (RS) foi associada, dentre outros fatores, à sua interação com vários níveis tróficos da cadeia alimentar com possível indicação de respostas a efeitos crônicos e acumulativos (Nimet, Amorim & Delariva, 2018).

Nos resultados de Santos et al. (2019) foi destacado na validação das alterações branquiais de *Pseudocondrostoma duriense* e *Luciobarbus bocagei* como biomarcadores histológicos, recolhidos da Bacia do Rio Douro, em Portugal, a necessidade de utilizar mais de uma espécie de peixe nos estudos de monitoramento aquático, visto que as respostas celulares às perturbações dos cursos d'água, variam de acordo com a espécie, sendo algumas mais sensíveis que outras.

Essa avaliação diversificada de espécies em regiões geográficas distintas e sob influências variadas, demonstrou que os peixes, de um modo geral, podem ser utilizados como modelos biológicos que expressam os efeitos provocados por estressores presentes em ambientes aquáticos naturais ou artificiais, contaminados e/ou modificados.

Tabela 2. Espécies de peixes avaliadas como bioindicadores para biomonitoramento ambiental. Fonte: os autores.

Ordem	Família	Espécie	Nome popular	Nº de artigos (%)
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus maculatus</i>	Mandi-amarelo	01 (3,4)
Siluriformes	Ariidae	<i>Sciades herzbergii</i>	Bagre-branco	01 (3,4)
		<i>Bagre bagre</i>	Bandeirado	
Siluriformes	Ariidae	<i>Sciades herzbergii</i>	Bagre-branco	03 (10,3)
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus multispinnis</i>	Cascudinho	01 (3,4)
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus pusaarum</i>	Cascudo	01 (3,4)
Characiformes	Anostomidae;	<i>Leporinus fasciatus</i> ;	Piau cabeça-gorda;	
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	02 (6,9)
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bifasciatus</i>	Lambari de rabo vermelho	01 (3,4)
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax jacubiensis</i>	Lambari de rabo amarelo	01 (3,4)
Characiformes	Serrasalmidae	<i>Metynnis argenteus</i>	Pacu-prata	01 (3,4)
Characiformes	Serrasalmidae	<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	01 (3,4)
Characiformes	Curimatidae	<i>Psectrogaster amazonica</i>	Branquinha	01 (3,4)
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax fasciatus</i>	Piaba	01 (3,4)
		<i>Astyanax altiparanae</i>	Lambari-tambiú	
		<i>Characidium fasciatum</i>	Canivete	
Siluriformes	Clariidae	<i>Clarias gariepinus</i> ;	Bagre-africano;	01 (3,4)
Perciformes	Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilápia de Moçambique	

Perciformes	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia do Nilo	04 (13,8)
Perciformes	Gobiidae	<i>Pomatoschistus microps</i>	Caboz-comum	01 (3,4)
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalo branco	01 (3,4)
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Pseudocondrostoma duriense</i> ; <i>Luciobarbus bocagei</i>	Boga-do-douro; Barbo-comum	01 (3,4)
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Zacco platypus</i>	-	01 (3,4)
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Barbus meridionalis</i>	Barbo-mediterrâneo	01 (3,4)
Cyprinodontiformes	Anablepidae	<i>Anableps anableps</i>	Tralhoto	01 (3,4)
Beloniformes	Adrianichthyidae	<i>Oryzias latipes</i>	-	01 (3,4)
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	Tainha	01 (3,4)
Characiformes, Siluriformes	Erythrinidae, Serrasalminidae, Prochilodontida, Loricariidae, Pimelodidae	Não identificada <i>Hoplias sp</i> , <i>Piaractus sp</i> , <i>Prochilodus sp</i> , <i>Hypostomus sp</i> e <i>Pimelodus sp</i>)		01 (3,4)
				29

De modo complementar às pesquisas de biomarcadores, em algumas literaturas foram aferidos *in situ* por meio de sondas multiparamétricas, os principais parâmetros físico-químicos: temperatura, condutividade, pH e oxigênio dissolvido, da água do ambiente onde os peixes foram capturados em períodos sazonais distintos (Castro et al., 2018; Santos et al., 2019; Pereira et al., 2020; Soares et al., 2020; Guedes & Correia, 2021).

Outras variáveis físico-químicas foram selecionadas por Marchand, van Dyk, Barnhoorn e Wagenaar (2012) ao analisarem a qualidade da água em uma represa hipereutrofizada na África do Sul. Eles verificaram que o pH, amônia, nitrogênio, cloreto e fósforo estavam acima dos níveis recomendados e correlacionaram esses dados com as alterações histopatológicas nos órgãos-alvo de *Clarias gariepinus* e *Oreochromis mossambicus*, sendo a maioria das lesões de natureza regressiva e localizadas no fígado.

No estudo conduzido por Macedo et al. (2024) para o biomonitoramento do complexo industrial e portuário de São Luís (MA) foi realizada a análise integrada de múltiplos marcadores bioquímicos de peixes, suas medidas biométricas e parâmetros físico-químicos da água nas estações chuvosa e seca de

2021 e 2022, no qual foi demonstrado que a contaminação química dos estuários influencia diretamente a expressão de enzimas de estresse oxidativo em *S. herxbergii*, prejudicando a saúde dos peixes.

Nos experimentos laboratoriais desenvolvidos por Lima et al. (2023) em um sistema modular de aquários, foi comprovado que a alta concentração de resíduos metabólicos, como a amônia total no ambiente hídrico, pode provocar alterações na série vermelha de juvenis de *Oreochromis niloticus*. Essas modificações hematológicas foram indicadas como biomarcadores de qualidade da água e bem-estar animal. Entretanto, Gueretz et al. (2022), ao estudarem biomarcadores enzimáticos para o estabelecimento de parâmetros bioquímicos padronizados no sangue de *Mugil curema*, não observaram correlação dos valores encontrados com os parâmetros de qualidade da água do Rio Parati (SC). Segundo os autores, os biomarcadores enzimáticos na espécie *M. curema* podem ser utilizados como instrumentos de avaliação de efeitos negativos ambientais, desde que sejam estabelecidos os parâmetros bioquímicos da espécie e suas variações em diferentes ambientes.

Esses achados evidenciam que a combinação de dados de qualidade da água (fatores abióticos) e biomarcadores (fatores bióticos) fornece uma visão mais abrangente sobre as condições ambientais e os impactos cumulativos de poluentes em nível celular, bioquímico e/ou molecular nos peixes. As pesquisas também demonstram que, para aumentar a confiabilidade dos resultados no desenvolvimento de um programa de monitoramento ambiental, é importante que, no local de avaliação, os peixes sejam coletados em diferentes pontos e em estações do ano distintas, além de terem pesos e comprimentos semelhantes, para evitar erros de interpretação dos resultados.

Biomarcadores mais pesquisados nos peixes

Quanto aos tipos de biomarcadores mais pesquisados dessa revisão (Quadro 1), os histológicos foram utilizados com maior frequência (41,4%), dentre os órgãos-alvo escolhidos se destacaram as brânquias, avaliadas em todos os estudos teciduais, seguida pelo fígado, rim, ovário, testículo, coração e musculatura (Nogueira et al., 2011; Labarrère et al., 2012; Marchand et al., 2012; Sousa et al., 2013; Castro et al., 2014; Oliveira et al., 2016; Castro et al., 2018; Nimet et al., 2018; Santos et al., 2019; Batista, Rodrigues, Rosa Neto, Gehlen & Silva, 2018; Pereira et al., 2020; Soares et al., 2020).

Santos et al. (2019) consideraram a gravidade e a extensão das lesões branquiais dos peixes (*P. duriense* e *L. bocagei*) como indicador preciso do nível de poluição da Bacia Hidrográfica do Douro, em Portugal, sendo as alterações proliferativas dos epitélios lamelar e filamentoso, as principais lesões categorizadas nesse estudo, de acordo com o protocolo de Monteiro et al. (2008).

Em outras pesquisas com brânquias de peixes em áreas potencialmente contaminadas, além das alterações já citadas foram observadas: deslocamento do epitélio, congestão, aneurisma, fusão lamelar, hiperplasia, dilatação capilar e necrose. Essas lesões foram avaliadas, em sua maioria, pelo cálculo do Índice de Alteração Histopatológica (IAH) conforme metodologia de Poleksic e Mitrovic – Tutundzic (1994), baseado no grau de severidade de cada lesão e confirmaram a eficácia do uso das alterações

branquiais como biomarcador de contaminação ambiental em diferentes espécies (Castro et al. 2014; 2018; Nogueira et al., 2011; Soares et al., 2020).

Estudos de biomarcadores enzimáticos representaram um percentual de 31,0% dos trabalhos (Quadro 1). A exemplo da pesquisa desenvolvida com *Hoplias malabaricus* exposta em condições experimentais ao metil mercúrio (MeHg), na qual foi constatada a inibição da atividade da colinesterase (ChE) no músculo do peixe, indicando essa enzima como um biomarcador eficaz às formas orgânicas do mercúrio (de Jesus et al., 2013). Em outro trabalho, realizado em sistemas de aquários com o peixe pacú-prata (*Metynnis argenteus*) exposto ao paclobutrazol por 28 dias, foi verificado o aumento das atividades enzimáticas de lactato desidrogenase (LDH) e glutathione S-transferase (GST), indicando-as como biomarcadoras de exposição a esse agroquímico muito utilizado em culturas de frutíferas no nordeste brasileiro (Jonsson, Ferracini, Paraíba, Rangel & Aguiar, 2002).

Já os resultados obtidos no estudo de uma bacia hidrográfica urbana na Coreia, com o *Zacco platypus*, sugerem que respostas bioquímicas, como atividades das enzimas Etoxiresorufina-o-deetilase (EROD) e da Acetilcolinesterase (AChE), podem depender do tipo de produto químico presente no ambiente ou do estágio de desenvolvimento do peixe (Park, Kim, G. E., Kim, D. W., Kim, S., & Yeom, 2021).

Em laboratório, a atividade acetilcolinesterásica como biomarcador de contaminação por endossulfano foi avaliada na espécie *Ancistrus multispinnis* e não demonstrou correlação com o sexo dos animais. Entretanto, uma correlação negativa foi encontrada entre o peso e comprimento dos peixes em relação à atividade da enzima (Klemz & Silva de Assis, 2005). Com relação ao biomonitoramento da contaminação por trifluralina em corpos d'água, Silvia et al. (2015) conseguiram demonstrar in vitro que a inibição da AChE em *C. macropomum* pode ser empregada como biomarcador para esse herbicida.

Labarrère et al. (2012) ao analisarem amostras de órgãos-avulsos, carcaça e musculatura de peixes dos gêneros *Hoplias* sp. e *Hypostomus* sp procedentes de cinco pontos distintos do Rio São Francisco, próximo à cidade de Três Marias (MG), verificaram por espectrofotometria de absorção atômica, concentrações elevadas de Zn, especialmente no fígado. O estudo validou o tecido hepático de *Hoplias* sp como melhor biomarcador da contaminação por esse metal, ao contrário das amostras musculares, que apresentaram baixas concentrações.

Outros biomarcadores que se destacaram foram os hematológicos, correspondendo a 17,2% dos estudos (Quadro 1), principalmente as pesquisas de micronúcleo e alterações morfológicas nucleares (Silva et al., 2015; Aguiar et al., 2017; Oliveira et al., 2023). No modelo experimental de monitoramento realizado por Oliveira et al. (2023), a exposição subcrônica ao agente radioativo crômio-51 (⁵¹Cr) resultou em um aumento significativo de anormalidades nucleares e da frequência de micronúcleos em eritrócitos periféricos de *Oreochromis niloticus*, evidenciando a eficácia desses parâmetros na avaliação de biomarcadores citogenéticos em alimentos e ambientes aquáticos contaminados pela radiação

Dados como esses corroboram que alguns biomarcadores indicam com maior precisão os efeitos de contaminantes específicos e demonstram a sua aplicabilidade para a saúde pública, visto que os peixes representam fonte importante de nutrientes para os seres humanos e quando submetidos a condições ambientais adversas, pela capacidade de acumular contaminantes em seus tecidos, podem representar riscos à saúde quando consumidos.

Quanto a confiabilidade dos resultados apresentados nas literaturas consultadas, todos foram submetidos a avaliação estatística por testes variados, para verificação do nível de significância das alterações histológicas, enzimáticas, hematológicas e dos parâmetros físico-químicos da água avaliados em diferentes estações do ano e pontos de coleta, sendo consideradas validadas àquelas no nível de probabilidade de 5% ($p \leq 0,05$).

Quadro 1. Tipos de biomarcadores em peixes objeto de pesquisa dos artigos selecionados para a revisão integrativa. Fonte: os autores.

Biomarcadores	Enzimas, proteínas, células, órgãos e sinais comportamentais avaliados	Número de Artigos (%)	Total (%)
Alterações histológicas	Brânquias;	06 (20,7)	12 (41,4)
	Brânquias e Fígado;	04 (13,8)	
	Brânquias, Fígado e Musculatura;	01 (3,4)	
	Brânquias, Fígado, Ovários, Testículos, Rim e Coração;	01 (3,4)	
Alterações hematológicas	Micronúcleo (MN) e Alterações Morfológicas Nucleares (AMN);	03 (10,3)	05 (17,2)
	Série vermelha (eritograma);	01 (3,4)	
	Glóbulos brancos (leucograma)	01 (3,4)	
Alterações enzimáticas	Acetilcolinesterase (AChE);	02 (6,9)	09 (31,0)
	Acetilcolinesterase (AChE) e Etoxiresorufina-o-deetilase (EROD);	01 (3,4)	
	TGO (AST)/LDH / GST	01 (3,4)	
	Acetilcolinesterase (AChE) e Butirilcolinesterase (BChE);	01 (3,4)	

	AST /ALT/ALP; Glicose, Proteínas totais e Glicose;	01 (3,4)	
	Superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathione peroxidase (GPX), Glutathione-S-transferase (GST), Glutathione (GSH), Substâncias reativas ao ácido tiobarbátúrico (TBARS);	01 (3,4)	
	Peroxidação Lipídica - (LPO) e enzima de biotransformação	01(3,4)	
	Peroxidação Lipídica - (LPO), Catalase (CAT), Superóxido dismutase (SOD), Glutathione-S-transferase (GST) e Substâncias reativas ao ácido tiobarbátúrico (TBARS)	01 (3,4)	
Alterações genéticas, enzimáticas e hematológicas	DNA, Peroxidação Lipídica - (LPO), celulares (anormalidade nuclear dos eritrócitos - ENA) e teciduais (imunexpressão de 8-OHdG)	01 (3,4)	01 (3,4)
Alterações endócrinas	Proteína semelhante a VtG	01 (3,4)	01 (3,4)
Alterações comportamentais	Velocidade de natação, posição na água e entropias	01 (3,4)	01 (3,4)
			29

Consolidação dos estudos sobre biomarcadores em peixes

As pesquisas sobre biomarcadores em peixes avançaram significativamente na última década, oferecendo novas alternativas para a avaliação da qualidade ambiental e a verificação das condições sanitárias das pisciculturas. Dos 29 artigos revisados, 25 (86,2%) foram publicados entre 2012 e 2024 (Tabela 3), destacando o aprimoramento e a padronização das metodologias de análise. Esse período também reflete a busca pela proposição de parâmetros bióticos específicos, relacionados a cada ambiente investigado, validando e consolidando o uso de biomarcadores em peixes.

Tabela 3. Período de publicação dos artigos selecionados para a revisão. Fonte: os autores.

Período	Número de Artigos (%)
2000 a 2005	02
2006 a 2011	02

2012 a 2017	11
2018 a 2023	13
2024	01
Total	29

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como um dos objetivos deste trabalho foi aplicar a técnica da revisão sistemática na busca por artigos disponíveis no portal da CAPES, sobre biomarcadores em peixes correlacionados a estudos de monitoramento sanitário e ambiental, deve-se considerar a possibilidade de que outras literaturas de relevância sobre essa temática não tenham sido compiladas devido aos descritores escolhidos na metodologia. Entretanto, a partir das pesquisas selecionadas, foi possível demonstrar a importância dos biomarcadores como ferramenta de biomonitoramento, já utilizada em diferentes regiões do Brasil e do mundo, com espécies variadas de peixes e com a validação de múltiplos biomarcadores para uso, não apenas na avaliação dos ambientes aquáticos naturais, mas também aplicáveis às pisciculturas, como forma de indicar os efeitos da ação antrópica sobre a sanidade dos peixes e dessa forma, evitar prejuízos econômicos decorrentes de agravos sanitários em sistemas intensivos de criação.

Nesse contexto, a perspectiva do Serviço Veterinário Oficial de estabelecer um protocolo de biomonitoramento em pisciculturas, com coleta amostral de exemplares durante as ações de fiscalização e vigilância ativa, para pesquisa laboratorial de biomarcadores, além do aspecto inovador para a defesa agropecuária, poderá possibilitar através de diagnósticos preventivos, a detecção antecipada de problemas sanitários nos peixes. É válido destacar que a adoção de medidas preventivas e de controle são atribuições do serviço público previstas no Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo, estabelecido pelo MAPA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, E. M., Araújo, F. F., Pires, G. S., Stragliotto, L. K. D., da Paz, F. S., da Paz, D. S., Carvalho-Neta, R. N. F., & Pinheiro-Sousa, D. B. (2017). Alterações genotóxicas como biomarcadores em peixes de uma área protegida do sul do Maranhão. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 11(1), 13-28. <https://doi.org/10.18817/repesca.v11i1.1485>
- Associação Brasileira da Piscicultura. (2024). Anuário da piscicultura 2024. Peixe BR. <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>
- Batista, J. R., Rodrigues, G. Z. P., da Rosa Neto, E., Gehlen, G., & Basso da Silva, L. (2018). Analysis of histopathological abnormalities in the gills of *Astyanax jacuhiensis* (Characidae) for assessment of water quality in the Ijuí River, southern Brazil. *Acta Toxicológica Argentina*, 26(3), 99-103.

https://www.researchgate.net/publication/332269163_Histopathological_abnormalities_in_the_gills_of_Astyanax_jacuhiensis

- Barcellos, L. J. G. (2022). Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/boas-praticas-de-producao-animal/arquivos/Manual_BP_cultivo_ISBN_ok2.pdf
- Castro, J. S., Silva, J. S., Freitas, L. C., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2014). Biomarcadores histopatológicos na espécie *Hoplias malabaricus* (Pisces, Osteichthyes, Erythrinidae) em uma Unidade de Conservação de São Luís (MA). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66(6), 1687–1694. <https://doi.org/10.1590/1678-7414>
- Castro, J. S., França, C. L., Fernandes, J. F. F., Silva, J. S., Carvalho-Neta, R. N. F., & Teixeira, E. G. (2018). Biomarcadores histológicos em brânquias de *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) capturados no Complexo Estuarino de São Marcos, Maranhão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(2), 413-418. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9906>
- Colin, N., Maceda-Veiga, A., Monroy, M., Ortega-Ribera, M., Llorente, M., & de Sostoa, A. (2017). Trends in biomarkers, biotic indices, and fish population size revealed contrasting long-term effects of recycled water on the ecological status of a Mediterranean river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.048>
- Corrêa, S. A. S., Abessa, D. M. S., Santos, L. G., Silva, E. B., & Seriani, R. (2016). Differential blood counting in fish as a nondestructive biomarker of water contamination exposure. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 99(3), 482-491. <https://doi.org/10.1080/02772248.2016.1189554>
- de Jesus, T. B., Colombi, J., Ribeiro, C., de Assis, H., & de Carvalho, C. (2013). Cholinesterase activity in methylmercury and mercury chloride exposure fish. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 8(1), 147–148. <https://periodicos.univali.br/index.php/eec/article/view/4624>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Guedes, M. E. G., & Correia, T. G. (2021). Plasma energetic substrates and hepatic enzymes in the four-eyed fish *Anableps anableps* (Teleostei: Cyprinodontiformes) during the dry and rainy seasons in the Amazonian Island of Maracá, extreme north of Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 19(4), e210078. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0078>
- Gueretz, J. S., Murasaki, J., Boeing, M., Schwegler, E., Cancelier, C. D., & Martins, M. L. (2022). Parâmetros bioquímicos de parati (*Mugil curema*) em ambiente estuarino. *Science and Animal Health*, 10(1), 2-13. <https://doi.org/10.15210/sah.v10i1.23239>
- Graça, B. A., Barreto, E. M., & Ale, V. M. M. (2023). A importância da certificação sanitária para garantir a segurança alimentar em produtos de origem animal. *Brazilian Journal of Health Review*, 6(2), 6557–6573. <https://doi.org/10.34119/bjhrv6n2-169>

- Ishikawa, M. M., Queiroz, J. F., Nascimento, J. L., Pádua, S. B., & Martins, M. L. (2020). Uso de biomarcadores em peixe e boas práticas de manejo para a piscicultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218648/1/Ishikawa-Uso-biomarcadores-2020.pdf>
- Jonsson, C. M., Ferracini, V. L., Parafba, L. C., Rangel, M., & Aguiar, S. R. (2002). Alterações bioquímicas e acúmulo em pacus (*Metynnis argenteus*) expostos ao paclobutrazol. *Scientia Agricola*, 59(3), 441–446. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000300005>
- Klemz, C., & da Silva de Assis, H. C. (2005). Efeitos do endossulfano na atividade da acetilcolinesterase de cascudo (*Ancistrus multispinnis*, Fish, Teleostei). *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 3(4), 51–58. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v3i4.9231>
- Labarrère, C. R., Menezes, B. D., & Melo, M. M. (2012). Avaliação dos teores de zinco em brânquias, carcaça, fígado e musculatura de diferentes espécies de peixes capturados no rio São Francisco (MG, Brasil). *Geonomos*, 20(1), 86-91. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v20i1.31>
- Lima, T. A., Pimentel, S. C. R., Soares, M. P., Guimarães, V. A. A. C., Ribeiro, I. S., Queiroz, J. F., & Ishikawa, M. M. (2023). Avaliação de biomarcadores hematológicos em Tilápia mantida em diferentes sistemas de aquários experimentais. *Revista Observatório de La Economia Latino-Americana*, 21(10), 16044-16060. <https://doi.org/10.55905/oelv21n10-083>
- Lionetto, M. G., Caricato, R., Calisi, A., Giordano, M. E., & Schettino, T. (2013). Acetylcholinesterase as a biomarker in environmental and occupational medicine: New insights and future perspectives. *BioMed Research International*, 2013(1), 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/321213>
- Marchand, M., van Dyk, J., Barnhoorn, I., & Wagenaar, G. (2012). Histopathological changes in two potential indicator fish species from a hyper-eutrophic freshwater ecosystem in South Africa: a baseline study. *African Journal of Aquatic Science*, 37(1), 39–48. <https://doi.org/10.2989/16085914.2011.636902>
- Macedo, G. H. R. V., Castro, J. S., Jesus, W. B., Torres H. S., Moreno, L. C. G. A. I., Rosa, R. G., Carvalho-Neta, R. N. F., & Sousa, D. B. P. (2024). Biomarkers of oxidative stress in an estuarine catfish species caught near a port complex on the Brazilian Amazon coast. *Regional Studies in Marine Science*, 69, 103306. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103306>
- Menezes, T. C. (2019). Desafios do Brasil na Defesa Sanitária Animal. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/desafios-do-brasil-na-defesa-sanitaria-animal.aspx>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2015). Instrução Normativa N° 4, de 4 de fevereiro de 2015. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/arquivos-programas-sanitarios/IN04de04defevde2015AgriculturacomSanidade.pdf>

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2018). Defesa agropecuária: Histórico, ações e perspectivas. MAPA. <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/bitstream/1/195/1/livro-defesa-agropecuaria.pdf>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2020). Aquicultura com sanidade: Programa nacional de sanidade de animais aquáticos de cultivo: Manual orientado aos órgãos executores de sanidade agropecuária. MAPA/AECS. <https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Sa%C3%BAde-Animal/manual-aquicultura-com-sanidade-versao-orientada-ao-orgao-executor-de-sanidade-agropecuaria>
- Monteiro, S. M., Rocha, E., Fontainhas-Fernandes, A., & Sousa, M. (2008). Quantitative histopathology of *Oreochromis niloticus* gills after copper exposure. *Journal of Fish Biology*, 73(6), 1376–1392.
- Nimet, J., Amorim, J. P. de A., & Delariva, R. L. (2018). Histopathological alterations in *Astyanax bifasciatus* (Teleostei: Characidae) correlated with land uses of surroundings of streams. *Neotropical Ichthyology*, 16(1), e170129. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170129>
- Nimet, J., Guimarães, A. T. B., & Delariva, R. L. (2017). Use of muscular cholinesterase of *Astyanax bifasciatus* (Teleostei, Characidae) as a biomarker in biomonitoring of rural streams. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 99, 232–238. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2111-9>
- Nogueira, D. J., Castro, S. C., Vieira, R. C. A., & Rigolin-Sá, O. (2011). Use of the gills of *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803) (Siluriformes, Pimelodidae) as a biomarker of pollution in the reservoir of UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, Minas Gerais, Brazil. *Biotemas*, 24(3), 52-58. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n3p51>
- Oliveira, L. W., Takabatake, T. T., Perez, P. M., Messas, A. C., Sakita, G. Z., Abdalla, A. L., & Bremer, H. N. (2023). Micronúcleos e anormalidades nucleares em peixes como biomarcadores de citotoxicidade e genotoxicidade de radiação gama, cromo 51, em ambiente aquático. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 19(5), 127-138. <https://doi.org/10.17271/1980082719520234183>
- Oliveira, S. R. S., Sousa, D. B. P., Almeida, Z. S., Castro, J. S., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2016). Lesões histopatológicas como biomarcadores de contaminação aquática em *Oreochromis niloticus* (osteichthyes, cichlidae) de uma área protegida no Maranhão. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 9(1), 12-26. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v20i1.31>
- Parente, T. E. M., & Hauser-Davis, R. A. (2013). The use of fish biomarkers in the evaluation of water pollution. In E. A. de Almeida & C. A. de O. Ribeiro (Eds.), *Pollution and fish health in tropical ecosystems* (pp. 57-149). CRC Press. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2263.2804>
- Park, C.-B., Kim, G.-E., Kim, D.-W., Kim, S., & Yeom, D.-H. (2021). Biomonitoring the effects of urban-stream waters on the health status of pale chub (*Zacco platypus*): A comparative analysis of

- biological indexes and biomarker levels. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111452. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111452>
- Pereira, N. J., Santos, M. M., Maião, J. P. L. S., Campos, J. S. P., Silva, N. D., Mendes, D. C. S., Lenz, T. M., & Santos, D. M. S. (2020). Biomarcadores histológicos em brânquias de peixes na avaliação da contaminação ambiental do rio Mearim, nordeste brasileiro / Histological biomarkers in fish gills in the assessment of environmental contamination of the Mearim river, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 56600-56616. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-297>
- Poleksic, V., & Mitrovic-Tutundzic, V. (1994). Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In R. Muller & R. Lloyd (Eds.), *Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish* (pp. 339-352). Oxford: Fishing News Books.
- Rotta, M. A., Queiroz, J.F. (2003). Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: Embrapa Pantanal.
- Santos, D., Luzio, A., Coimbra, A. M., Varandas, S., Fontainhas-Fernandes, A., & Monteiro, S. M. (2019). A gill histopathology study in two native fish species from the hydrographic Douro Basin. *Microscopy and Microanalysis*, 25, 236–243. <https://doi.org/10.1017/S1431927618015490>
- Schlenk, D. (1999). Necessity of defining biomarkers for use in ecological risk assessments. *Marine Pollution Bulletin*, 39(1-2), 48-53. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00015-6](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00015-6)
- Silva, S. V. S., Dias, A. H. C., Dutra, E. S., Pavanin, A. L., Morelli, S., & Pereira, B. B. (2015). The impact of water pollution on fish species in southeast region of Goiás, Brazil. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 78(1), 8-16. <https://doi.org/10.1080/15287394.2015.1099484>
- Silva, J. M., Santos, F. L. B., Tenório, H. A., Pereira, H. J. V., Costa, J. G., Santana, A. E. G., Machado, S. S., & de Abreu, F. C. (2015). In vivo and in vitro inhibition of cholinesterase activity in *Colossoma macropomum* (tambaqui) fingerlings by the herbicide trifluralin. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 10(1), 23-30. <https://doi.org/10.5132/eec.2015.01.04>
- Sousa, D. B. P., Almeida, Z. S., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2013). Biomarcadores histológicos em duas espécies de bagres estuarinos da Costa Maranhense, Brasil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2), 369–376. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000200011>
- Soares, S. H. C., Sousa, D. B. P., Jesus, W. B., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2020). Biomarcadores histológicos em *Sciades herzbergii* (Pisces, Ariidae) para avaliação de impactos em ambientes estuarinos da Baía de São Marcos, Maranhão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(4), 1403–1412. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11701>
- van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 13(2), 57–149. [https://doi.org/10.1016/s1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/s1382-6689(02)00126-6)

Presencia de *Fusarium* sp. en maíces nativos cultivados bajo distintos regímenes de riego

Recibida em: 20/10/2024

Aprobado em: 04/11/2024

 10.46420/9786585756433cap9

Ofelda Peñuelas-Rubio 

Leandris Argentele-Martínez 

Francisco Cervantes Ortíz 

Daniela Vázquez Granados 

Ibeth Marina Díaz González 

Joe Luis Arias Moscoso 

Pamela Romo Rodríguez 

Ugur Azizoglu 

INTRODUCCIÓN

Dentro de las gramíneas, el maíz (*Zea mays* L.) es el principal grano cultivado en México. La labor que desempeñan los agricultores ha permitido al país posicionarse dentro las ocho principales naciones productoras en el orbe. Este grano, se cultiva en todas las entidades del país y en 2023 se obtuvieron 27.5 millones de toneladas (FIRA, 2024). En México, actualmente se cultivan alrededor de 64 razas distintas de maíces, de las cuales 59 son razas nativas. Los términos “maíz nativo” y “criollo o autóctono”, se refieren a las variedades originales de maíz que han sido cultivadas, adaptadas y seleccionadas por los agricultores a lo largo de generaciones y están vinculadas a la cultura, la historia y las prácticas agrícolas de cada región donde se preservan. Estos maíces nativos forman parte del patrimonio biocultural del país, ya que aportan una gran riqueza de germoplasma y pueden cultivarse en sistemas de producción sostenibles. Las variedades nativas sobresalen por su resistencia a entornos adversos y otras características como sus colores, texturas y contenido de nutrientes; por ello es importante fomentar su producción y la adopción en su cultivo de prácticas agronómicas sustentables que contribuyan a obtener mejores rendimientos (SIAP, 2023).

En general, la producción de maíz en México se realiza bajo un esquema de monocultivo, aunado al uso indiscriminado de insumos químicos, lo que acelera la degradación de los suelos, causando la perturbación de la rizósfera (Sánchez-Ceja et al., 2023) y la susceptibilidad de la planta a plagas y enfermedades (Korenblum et al., 2022). Entre las enfermedades que se han reportado que afectan al cultivo se encuentran la pudrición de la raíz, tallo y mazorca ocasionadas por diversos hongos del género *Fusarium*. Este género comprende algunos de los patógenos más importantes en la agricultura desde el punto de vista económico (Sumerell et al., 2010), que además de su comportamiento fitopatogénico, en su proceso de infección sintetizan micotoxinas de alta toxicidad que generan problemas de salud humana y animal (Velarde et al., 2018). La especie *verticillioides* (Fv) probablemente sea la más común en el mundo,

sin embargo, otras especies como *F. subglutinans* y *F. proliferatum* se asocian a la misma sintomatología (Leyva-Madrigal et al., 2014). La pudrición ocasionada por *Fusarium* en maíz difícilmente puede ser controlada con productos químicos, debido a distintos factores, principalmente la característica endofítica de la infección (Bacon et al., 2001). La tendencia actual es la búsqueda de agentes bioprotectores, o de biocontrol, que a través del uso de microorganismos y extractos vegetales permitan el combate de enfermedades. Existen diferentes estudios que han demostrado que las infecciones ocasionadas por *Fusarium* en maíz pueden combatirse con agentes de biocontrol bacterianos (Leyva-Madrigal et al., 2014; Sánchez-Ceja et al., 2023) y extractos vegetales (García et al., 2012; Villa-Martínez et al., 2014).

El primer paso para establecer estrategias de biocontrol es el conocimiento profundo del patógeno que se desea controlar, ya que la identidad del organismo causante de la enfermedad es fundamental para un control efectivo. El género *Fusarium* es conocido por sus dificultades taxonómicas en la identificación de especies a nivel morfológico (Leyva-Madrigal et al., 2014; Velarde et al., 2018), de allí la necesidad de complementar la caracterización patogénica y molecular, para desarrollar estrategias de biocontrol. Por lo tanto, el objetivo del presente fue trabajo fue identificar la diversidad fúngica, con énfasis en el género *Fusarium*, mediante la caracterización macroscópica a partir de raíces de maíz nativo cultivado bajo distintos regímenes de riego.

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestras vegetales y edáficas

Se estableció un experimento en el TecNM campus Roque ubicado en el municipio de Celaya, Guanajuato, México, que se localiza entre las coordenadas geográficas 20° 31'24" latitud norte y, entre 100° 48'55" longitud oeste. Celaya está formado por una extensión territorial de 553.18 km². El experimento consistió en la siembra de 10 accesiones de maíces nativos (Tabla 1).

Los maíces fueron plantados y conducidos bajo distintos regímenes de riego: S1, cuatro riegos de auxilio (riego post-emergencia, abril, mayo, junio); S2, tres riegos de auxilio (riego post-emergencia, abril y dos en mayo); S3, dos riegos (2 en mayo). Una vez que las plantas alcanzaron la etapa de cosecha, se seleccionaron raíces de tres plantas por genotipo de cada siembra, que presentaban características asociadas con la presencia de *Fusarium* sp., que sirvieron como base para el aislamiento y caracterización de las cepas. También se tomaron muestras de suelo de cada planta y se determinaron variables fisicoquímicas.

Tabla 1. Origen de los maíces criollos empleados en el experimento realizado en TecNM campus Roque ubicado en el municipio de Celaya, Guanajuato, México.

Accesiones	Nombre	Origen
G1	Celaya	Celaya
G2	Gavilán	Juventino Rosas
G3	Halcón	Michoacán
G4	Salamanca	Salamanca
G5	ITR	Instituto Tecnológico de Roque
G6	Escobedo 1	Empalme Escobedo
G7	Jaral	Jaral Del Progreso
G8	Escobedo 2	Empalme Escobedo
G9	Escobedo 3	Empalme Escobedo
G10	Escobedo 4	Empalme Escobedo

Las muestras de raíces y suelo colectadas se mantuvieron a 4°C, y las determinaciones microbiológicas de raíces y fisicoquímicas del suelo se realizaron en el TecNM campus Valle del Yaqui en Bécum, Sonora, México. En la Figura 1 se presentan las raíces de maíces criollos provenientes del experimento en campo mencionado con anterioridad.



Figura 1. Raíces de maíces nativos colectadas en el experimento realizado en TecNM campus Roque ubicado en el municipio de Celaya, Guanajuato, México.

Análisis fisicoquímicos del suelo

Las evaluaciones fisicoquímicas de las muestras del suelo se realizaron por triplicado. Se determinó conductividad eléctrica, pH % de materia orgánica y textura del suelo, mediante las siguientes técnicas:

- o Conductividad eléctrica (CE). Se utilizó la metodología propuesta por la USDA (1999) que indica la toma de muestras de suelo a una profundidad de 0 a 3 pulgadas (7.62 cm). Se realizó una muestra compuesta de cada tratamiento bajo distintos regímenes de riego (S1, S2, S3) por accesión de maíz, para obtener submuestras de 1/8 de taza, con el cucharón de muestreo lleno al ras que se colocó en un recipiente plástico. Se agregaron 30 mL de agua destilada al recipiente

con la submuestra. La resultante de la mezcla suelo/agua, corresponde a una relación 1:1 de suelo a agua, en base a volúmenes. El recipiente se tapó y agitó vigorosamente alrededor de 25 veces. La CE se determinó con un multiparámetro (Hanna Instruments) cuando las partículas del suelo estaban suspendidas en la solución. Los datos se registraron en dS m^{-1} y para su interpretación se utilizó la sugerida por la USDA (1999).

- pH. Después de 15 minutos de realizar la lectura de CE, se insertó el medidor de pH en el sector superior de la solución y se esperó hasta que se estabilice (0-30 segundos), la lectura digital se registró y enjuagó con H_2O destilada entre cada medición. Para la clasificación del suelo en cuanto a su valor de pH se utilizó la interpretación propuesta por la USDA (1999).
- Porcentaje de Materia orgánica (%MO). Se utilizó la metodología propuesta por Heiri et al. (2001) que consistió en la aplicación de la fórmula:

$$\% \text{ de materia orgánica} = \frac{(\text{peso de secado} - \text{peso después de la ignición})}{\text{peso total}} \times 100$$

- Textura del suelo. Para la determinación de las clases texturales de las muestras de suelo por el método de Bouyoucos, se empleó la NOM-021-RECNAT-2000. 2002, Norma que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

Diversidad Fúngica

Se realizó un proceso de desinfección de raíces (previamente se hicieron cortes de 1 cm^2) con etanol por 2 minutos y lavados con agua destilada estéril. Se secaron y se dispusieron en placas de Petri con agar dextrosa de papa (ADP) acidificado con ácido tartárico 10%. El periodo de incubación fue de 7 días $28 \text{ }^\circ\text{C}$.

El aislamiento de las cepas presuntivas de *Fusarium* sp. se realizó por técnicas de microbiología clásica (Leslie & Sumerrell, 2006). De las colonias crecidas se tomó una pequeña muestra con un asa microbiológica que fue depositada en una placa de Petri con ADP. Se incubaron a $28 \text{ }^\circ\text{C}$ por 7 días, y una vez que se presentó crecimiento suficiente, se realizó una caracterización macroscópica de las colonias, se consideró color y forma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica del suelo

Los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo se presentan en la Tabla 1. Las muestras de suelo de los tres tratamientos bajo distintos regímenes de riego (S1, S2, S3) presentaron un pH medianamente alcalino, efectos despreciables de salinidad y la clase textural fue “arcillosa”. Respecto al contenido de materia orgánica, la Siembra 1 (S1) presentó un contenido medio, y las siembras 2 y 3 (S2 y S3) un bajo contenido de MO (Tabla 1).

Tabla 1. Características fisicoquímicas del suelo de Celaya, Guanajuato.

Siembra*	pH	CE	% materia orgánica	Clase textural
S1	7.44	0.19	2.33	Arcillosa
S2	7.45	0.19	0.34	Arcillosa
S3	7.39	0.34	0.39	arcillosa

* distintos regímenes de riego: S1, cuatro riegos de auxilio (riego post-emergencia, abril, mayo, junio); S2, tres riegos de auxilio (riego post-emergencia, abril y dos en mayo); S3, dos riegos (2 en mayo). Ph: ph da solución del suelo. CE: conductividad eléctrica.

Aislamiento y purificación de cepas fúngicas

Se logró el aislamiento de 30 hongos que presentaron diferentes tonalidades: verde oscuro, negro, café, blanco, amarillo, rojo y rosa como los más comunes (Figura 2). De manera general, las formas encontradas fueron: circular, puntual, y filamentosa, con elevación convexa, plana y acuminada. Las características macroscópicas observadas fueron propias de los géneros *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Phytophthora*, y *Fusarium*.

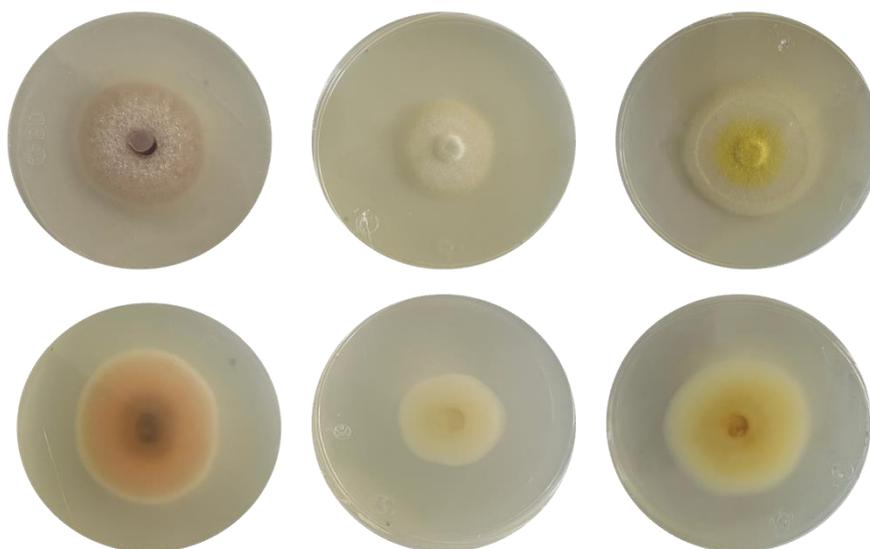


Figura 2. Algunas de las cepas aisladas que corresponden a características coloniales de *Fusarium* sp.

Presuntivamente se encontraron 23 cepas de *Fusarium* sp., donde 19 de estos hongos pertenecen a la S2, mientras que la S1 y S3 cuentan con dos hongos cada una, siendo los más comunes *Fusarium oxysporum* y *F. verticillioides*. Con fines de conservación, se realizó una identificación macroscópica de las cepas, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Cepas presuntivas aisladas de cada Siembra y su caracterización macroscópica.

Muestra	Color	Forma
Siembra 1		
G1	Rosa	Filamentosa
G2	Blanco	Circular
G3	Rojo	Puntiforme
G4	Café, verde	Puntiforme
G5	Negro, verde, rojo	Puntiforme
G6	Café	Puntiforme
G7	Rosa	Circular
G8	Amarillo claro	Puntiforme
G9	Negro con borde blanco	Puntiforme
G10	Verde con borde blanco	Puntiforme
Siembra 2		
G1	Negro con algodón	Puntiforme
G2	Rosa, blanco	Filamentoso
G3	Algodón, rosa, amarillo	Puntiforme
G4	Rojo	Puntiforme
G5	Negro borde blanco	Puntiforme
G6	Verde borde blanco,	Puntiforme
G7	Rosa, rojo	Irregular
G8	Rojo, café, blanco	Circular
G9	Verde borde blanco,	Puntiforme
G10	Café	Circular
Siembra 3		
G1	Verde con borde blanco	Puntual
G2	Blanco con puntos negros	Puntual
G3	Rojo	Puntual
G4	Negro borde blanco	Circular
G5	Rojo	Circular
G6	Verde borde blanco	Circular
G7	Rojo	Puntual
G8	Rojo	Circular
G9	Gris	Puntual
G10	Rojo	Puntual

Esta información permitió la conservación de los aislados en glicerol dentro de un congelador a -20°C. El género *Fusarium* está ampliamente distribuido a nivel mundial y son comunes en los suelos. Se relacionan principalmente con cultivos de cereales. Por lo que, algunas de sus especies son consideradas fitopatógenas e infectan a una amplia gama de cultivos, incluyendo maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum* sp.), avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), soya (*Glycine max*), calabaza (*Cucurbita pepo*), melón (*Cucumis melo*) y sandía (*Citrullus lanatus*), así como, algunas semillas de oleaginosas, girasol (*Helianthus annuum*) y linaza (*Linum usitatissimum*), entre otros. Causando la muerte de las plántulas,

el aborto de semillas, la pudrición del grano y las plántulas, tizón, clorosis, marchitamiento vascular, muerte y reducción del crecimiento en una gran variedad de plantas hospederas (CIMMYT, 2020).

En la Figura 3 se muestra la frecuencia de aislados por material genético de maíz según cada Siembra. Como se observa, la S2 presentó el 86% de cepas aisladas; S1 y S3 presentaron el 8.7% cada Siembra. Respecto al material genético de maíz, G2 y G8, presentaron el 30.4% de incidencia de cepas cada uno. Los menos susceptibles fueron G5 y G6, ya que no hubo presencia de cepas presuntivas.

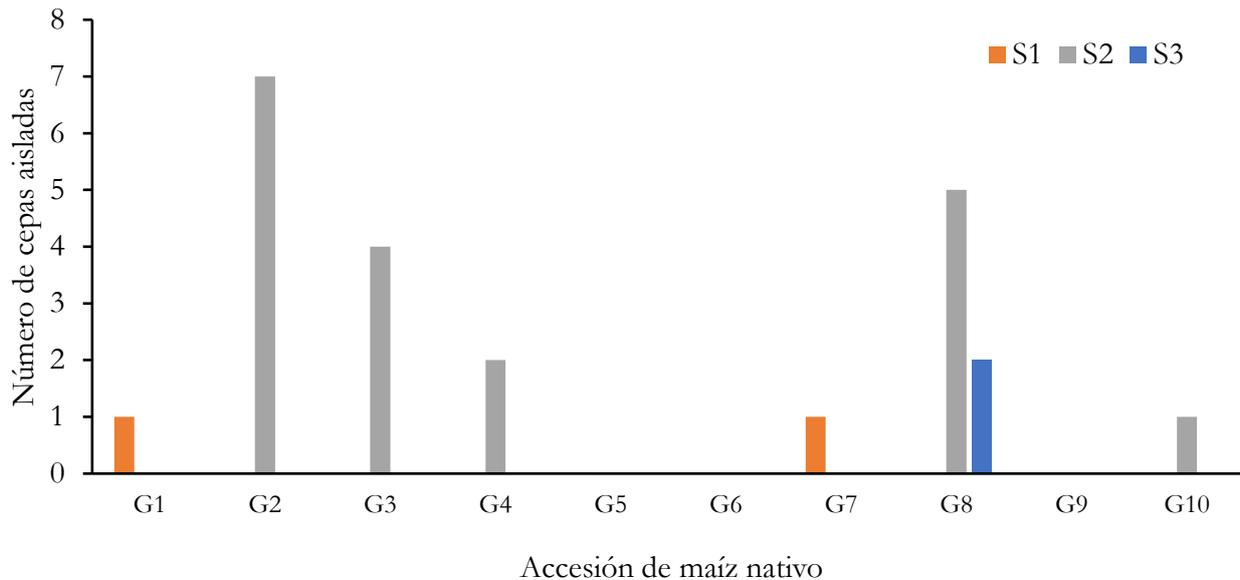


Figura 3. Frecuencia de cepas de *Fusarium* sp. aisladas por material genético de maíz en cada Siembra.

La menor susceptibilidad encontrada en G5, G6 y G9 presupone potencialidades para el uso de estos materiales genéticos con baja probabilidad de presentar mermas en los rendimientos debido a las afectaciones de fusariosis en el maíz. Aunque la fusariosis en maíz es generalmente soslayada por los productores, existen reportes de afectaciones significativas en el desempeño fisiológico de este cultivo (Deresa et al., 2024) y por consiguiente en el rendimiento. Hace algunos años se desarrolló una investigación en el municipio de Celaya, Guanajuato (Figuroa-Rivera et al. 2010) donde se presentaron algunos de los escasos reportes sobre la presencia de fusariosis en maíz; se caracterizó la diversidad de especies del género *Fusarium* asociadas a la pudrición del tallo de maíz en parcelas y se realizaron pruebas de patogenicidad con las especies identificadas. Se colectaron plantas con daño evidente causado por éste patógeno, se identificaron las especies presentes mediante pruebas microbiológicas y se evaluó su patogenicidad al inocularlas en trece accesiones raciales de maíz. Los resultados indicaron la presencia de *Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium heterosporum*, *Fusarium esquiseti*, *Fusarium proliferatum* y *Fusarium reticulatum*, en donde *F. subglutinans* fue la especie más abundante. Las cepas de *F. subglutinans*,

presentaron el mayor porcentaje de incidencia con un 61.6%, seguidos por *F. verticillioides* y *F. heterosporum* con un 18.1 y 10.1% respectivamente.

Dichos resultados quizás no presentaron un seguimiento y, en el presente estudio se retoma el estudio debido a la necesidad de incrementar las producciones de maíz a nivel local para contribuir a la seguridad alimentaria. En futuras investigaciones se realizarán estudios moleculares para la caracterización de las especies y realizar los análisis de severidad del hongo y su contribución al deterioro del rendimiento de grano en maíz. Estos estudios darán pie a la toma de decisiones sobre el manejo integrado para controlar la enfermedad con el uso de alternativas biotecnológicas sustentables para el biocontrol, como el uso de microorganismos antagonistas (Castro-del-Ángel et al. 2021) o extractos vegetales, ya incluso probados en otros cultivos (Arvizu-Quintana et al. 2021), sin la necesidad de aplicar productos químicos.

CONCLUSIONES

El presente estudio ofrece información preliminar de la presencia de cepas presuntivas de *Fusarium* en maíz. Trabajos futuros de caracterización molecular permitirá la validación de los resultados obtenidos. En futuras investigaciones se evaluarán extractos vegetales y antagonistas bacterianos biocontroladores de esta enfermedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arvizu-Quintana, E. F. et al. (2021). Extractos hidroalcohólicos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. para el biocontrol de *Fusarium oxysporum* Schlecht. *Renew Energ Biomass Sustain*, 3(2), 46-52.
- Bacon, C. et al. (2001). Biological control of *Fusarium moniliforme* in maize. *Environmental Health Perspectives*, 109, 325-332.
- Castro-del-Ángel, E. et al. (2021). Actividad antifúngica de bacterias endófitas para el control de *Fusarium verticillioides* en maíz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2).
- CIMMYT (2020). Control biológico de *Fusarium*, el diminuto enemigo de los cultivos. <https://idp.cimmyt.org/control-biologico-de-fusarium-el-diminuto-enemigo-de-los-cultivos/>
- Figuroa-Rivera, M. G. et al. (2010). Caracterización de especies de *Fusarium* asociadas a la pudrición de raíz de maíz en Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28(2), 124-134.
- FIRA (2024). Panorama Agroalimentario Maíz 2024. Fideicomisos en Relación con la Agricultura. <http://www.fira.gob.mx>
- García, D. et al. (2012). Effect of *Equisetum arvense* and *Stevia rebaudiana* extracts on growth and mycotoxin production by *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides* in maize seeds as affected by water activity. *International Journal of Food Microbiology*, 153, 1-2.
- Heiri, O. et al. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *Journal Of Paleolimnology*, 25, 101-110.

- Korenblum, E. et al. (2022). Plant-microbe interactions in the rhizosphere via a circular metabolic economy. *The Plant Cell*, 34(9), 3168-3182.
- Leslie, J. F., Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Iowa, USA, Blackwell Publishing.
- Leyva-Madriral, K. et al. (2014). *Fusarium* species from the *Fusarium fujikuroi* species complex involved in mixed infections of maize in northern Sinaloa, Mexico. *Journal of Phytopathology*, 163(3), 486-497.
- NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Norma que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- Sánchez-Ceja, M. G. et al. (2023). Aislamiento de bacterias nativas con potencial en la promoción del crecimiento de maíz criollo mexicano (*Zea mays* L.). *Biocencia*, 26(1).
- SIAP (2023). Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Summerell, B. et al. (2010). Biogeography and phylogeography of *Fusarium*: a review. *Fungal Diversity*, 44, 3-13.
- USDA (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura, USA. 82 p. <https://www.nrcs.usda.gov/>
- Velarde, F. et al. (2018). Identificación molecular de *Fusarium* spp. aislados de maíz en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1675-1689.
- Villa-Martínez, A. et al. (2014). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205.

Índice Remissivo

C

Caatinga, 52

E

Emissões, 37, 39

Épocas de amostragem, 20, 21, 23

Esterco, 32, 33

F

Fusarium sp, 87, 88, 90, 91, 93

P

Pityrocarpa moniliformis, 43, 44, 46, 47, 49

R

Remineralizadores, 17

S

Sementes, 43

Z

Zea mays, 87, 92

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

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

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



  **Jorge González Aguilera**

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

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 130 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 61 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



  **Luciano Façanha Marques**

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



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br

