

ECOSSISTEMA MANGUEZAL: ANÁLISE DA MESOFAUNA INVERTEBRADA DO SOLO, MARECHAL DEODORO, ALAGOAS

Deisyane Valéria de Lima Monteiro

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Maceió, AL, Brasil
deisyane.valeria@gmail.com

Élida Monique da Costa Santos

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Maceió, AL, Brasil
elidamoniquecs@outlook.com

Mayara Andrade Souza

Centro Universitário – CESMAC
Maceió, AL, Brasil
masouza@cesmac.edu.br

Kallianna Dantas Araujo

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Maceió, AL, Brasil
kallianna.araujo@igdem.ufal.br

RESUMO

O manguezal é um ecossistema com importância ecológica e econômica submetido à ação antrópica com reflexo na biodiversidade do solo. Objetivou-se avaliar se os grupos taxonômicos da mesofauna edáfica apresentam diferenças na abundância e riqueza nas áreas estudadas (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição - Construção Civil/Borda de Mangue, e Mangue) e como os elementos edafoclimáticos influenciam nestas variáveis, em Marechal Deodoro, Alagoas. A pesquisa foi realizada em maio e junho/2019 no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM). Coletaram-se dez amostras de solo com anéis metálicos de dimensões 4,8 x 5 cm, na profundidade 0-5 cm e os organismos com comprimento entre 0,2 e 2 mm extraídos na bateria de extratores *Berlese-Tullgren*, conservados em álcool 70% e identificados com lupa binocular. Foram realizadas medidas de TS e CAS na profundidade 0-10 cm. Os dados foram testados a normalidade (*Shapiro-Wilk*) e homoscedasticidade (*Fligner Test*), e as hipóteses testadas pela correlação de *Spearman*, análise de *Kruskal-Wallis* e teste *post-hoc* de *Dunn*, realizados no RStudio, versão 4.1.0. A maior riqueza de grupos taxonômicos encontra-se nas áreas de Transição e Mangue e a abundância na área Degradada; A abundância e riqueza dos organismos da mesofauna apresentam correlação direta com TS, confirmadas pelas estimativas de correlação de *Spearman*.

Palavras-chave: Organismos edáficos. Diversidade. Variáveis edafoclimáticas. Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM)

MANGROVE ECOSYSTEM: ANALYSIS OF SOIL INVERTEBRATE MESOFAUNA, MARECHAL DEODORO, ALAGOAS

ABSTRACT

The mangrove is an ecosystem with ecological and economic importance subjected to anthropic action reflected in soil biodiversity. The objective was to evaluate whether the taxonomic groups of edaphic mesofauna present differences in abundance and richness among the studied areas (Agricultural, Degraded, Transition - Civil Construction/Mangrove Edge, and Mangrove) and how the edaphoclimatic elements influence these variables, in Marechal Deodoro, Alagoas. The research was conducted in May and June/2019 in the Estuarine-Lagunar Mundaú/Manguaba Complex (CELMM). Ten soil samples were collected with metal rings of dimensions 4.8 x 5 cm, at depth 0-5 cm and the organisms with length between 0.2 and 2 mm extracted in Berlese-Tullgren extractor battery, preserved in 70% alcohol and identified with binocular magnifier. TS and SWT measurements were taken at the depth 0-10 cm. Data were tested for normality (*Shapiro-Wilk*) and homoscedasticity

(Fligner Test), and hypotheses tested by Spearman correlation, *Kruskal-Wallis* analysis, and Dunn's *post-hoc* test, performed in RStudio, version 4.1.0. The greatest richness of taxonomic groups is found in the Transition and Mangrove areas and the abundance in the Degraded area; The abundance and richness of mesofauna organisms present a direct correlation with TS, confirmed by Spearman's correlation estimates.

Keywords: Organisms edaphic. Diversity. Edaphoclimatic variables. Estuarine-Lagunar Mundaú/Manguaba Complex (CELMM).

INTRODUÇÃO

Os manguezais fornecem boas condições para criação, proteção e reprodução de várias espécies animais (SILVA et al., 2013). Além disso, apresentam funções de proteção ao continente contra as tempestades e erosão das marés, retenção de poluentes e de sedimentos finos transportados na água, o que é propício para manutenção do canal e fornece proteção as populações de peixes no estuário (NANNI et al., 2005). No entanto, esse ecossistema vem sendo muito utilizado em atividades turísticas, na carcinicultura, caça de crustáceos (caranguejos) (SILVA et al., 2013), além da recreação (pesca esportiva, ecoturismo, dentre outros) (NANNI et al., 2005), o que tem levado ao desmatamento e provocado processo de degradação, afetando o seu equilíbrio (SILVA et al., 2013).

No litoral de Alagoas se encontra um dos mais representativos manguezais, localizado no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), com um valor socioeconômico significativo, sendo considerado um dos mais relevantes ecossistemas do Brasil, por ter desenvolvimento produtivo e uma importante fonte de sobrevivência para as populações que vivem em suas margens (WANDERLEY et al., 2020). Segundo os autores, esses ecossistemas mesmo desempenhando grande relevância para a comunidade local, os impactos das atividades humanas como: ocupação desordenada no entorno, lançamentos de esgotos sanitários, inadequadas práticas agrícolas, uso de fertilizantes e agroquímicos utilizados na agricultura da cana de açúcar, assoreamentos, eutrofização, pescas inadequadas, têm se tornado mais frequentes, levando a mudanças em suas condições ambientais, e afetando os diversos organismos que deles dependem.

Os organismos da mesofauna do solo presente nesse ecossistema desempenham papel fundamental na manutenção e operação da dinâmica do meio ambiente, considerado modificador importante de nutrientes da matéria orgânica (SILVA et al., 2013), já que agem na decomposição do material vegetal, na ciclagem de nutrientes e na regulação dos processos biológicos do solo (BERUDE et al., 2015). São constituídos por organismos que possuem tamanho corporal entre 0,2 e 2,0 mm, como Ácaro (Acarina), Colêmbolo (Collembola), Proturo (Protura), Dipluro (Diplura), dentre outros (ALMEIDA et al., 2013).

De acordo com Korasaki et al. (2013) os organismos do solo refletem as condições do meio ambiente, sendo características de seu hábitat o clima, tipo de solo, quantidade de matéria orgânica, tipo de manejo, entre outros, fatores que determinam sua presença no ambiente. De forma complementar, Rovedder et al. (2009) mencionam que as populações da fauna do solo também podem diminuir devido à influência de temperaturas do solo muito baixas ou muito altas.

Nesse contexto, a pesquisa levantou os seguintes problemas: 1) Os grupos taxonômicos da mesofauna edáfica apresentam diferenças em relação a abundância e riqueza entre as áreas estudadas (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição - Construção Civil/Borda de Mangue, e Mangue)? 2) De que forma os elementos edafoclimáticos influenciam a abundância e riqueza da comunidade de mesofauna nas quatro áreas estudadas?

Para responder os questionamentos, foram criadas as seguintes hipóteses: H1) Os grupos da mesofauna edáfica variam em função da condição das áreas, sendo que a maior riqueza encontra-se na área de Mangue e a maior abundância ocorre na área Degradada; H2) Os elementos edafoclimáticos, conteúdo de água do solo e temperatura do solo, influenciam a abundância e riqueza da comunidade da mesofauna das quatro áreas estudadas, de modo que quando há um aumento destes parâmetros/variáveis, aumenta a abundância nas áreas de Cultivo Agrícola e Degradada. E nas áreas de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue a menor temperatura favorece o aumento da riqueza.

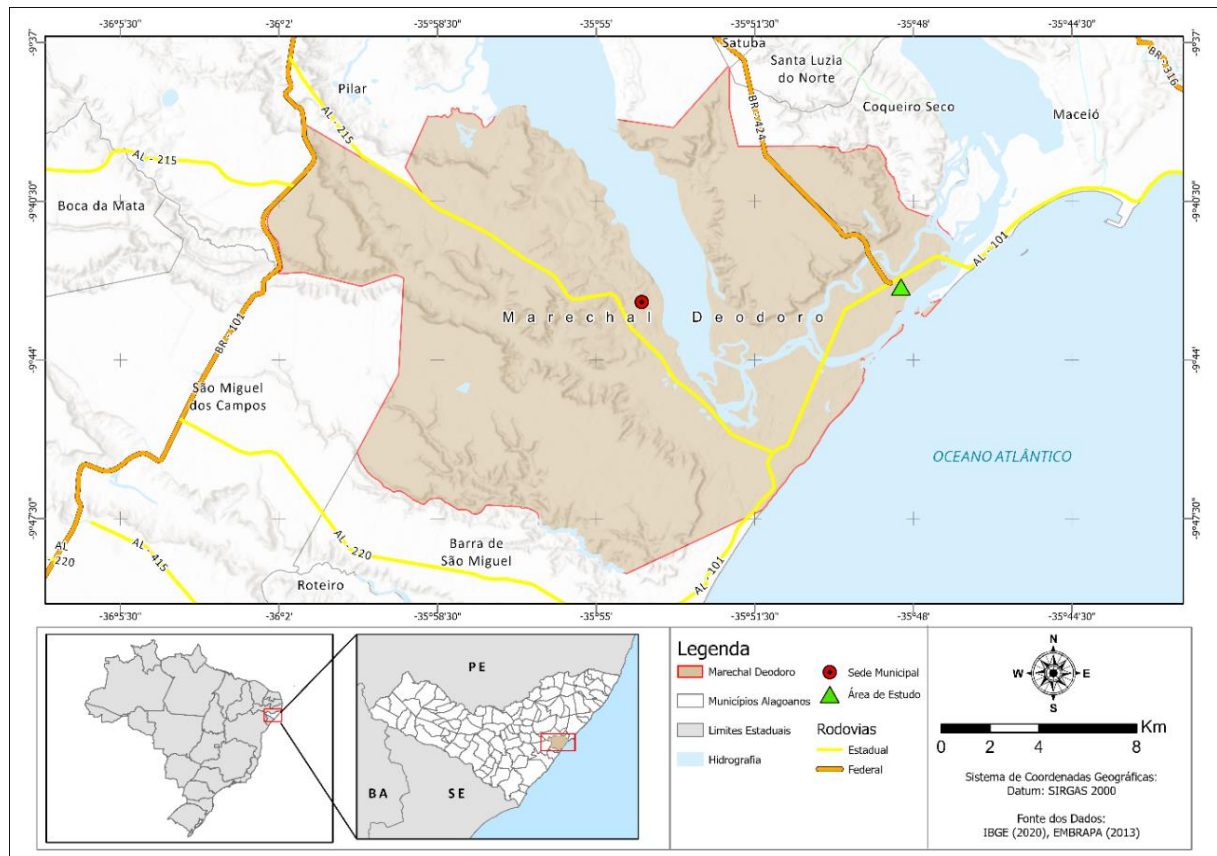
O objetivo da pesquisa foi avaliar se os grupos taxonômicos da mesofauna edáfica apresentam diferenças na abundância e riqueza entre as áreas estudadas (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição - Construção Civil/Borda de Mangue, e Mangue) e como os elementos edafoclimáticos influenciam nestas variáveis, em Marechal Deodoro, Alagoas.

MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Marechal Deodoro localizado na região sudeste do Estado de Alagoas (Figura 1), limita-se a norte com os municípios Pilar, Cajueiro, Santa Luzia do Norte e Satuba, a sul com Barra de São Miguel, a Leste com o Oceano Atlântico e a oeste com São Miguel dos Campos e Pilar (MASCARENHAS et al., 2005).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte - IBGE (2019); IMA (2010). Elaboração: SANTOS, J. F. J., 2021.

O relevo de Marechal Deodoro faz parte da unidade dos Tabuleiros e planícies costeiras e flúvio-marinhas, acompanhando o litoral de todo o Nordeste, com altitude média de 50 a 100 m. Compreende platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas (EMBRAPA, 2012; VILLANUEVA, 2016).

O Clima é do tipo As' - Tropical chuvoso com verão seco, de acordo com a classificação de Köppen e com estação chuvosa no período outono-inverno (CPRM, 2005). A precipitação média anual é de 1.634,2 mm, com temperatura do ar de 25 °C/ano e umidade do ar correspondendo a 70% (EMBRAPA, 2012).

Os solos mais representativos no local têm sua ocorrência relacionada às unidades geomorfológicas que integram as regiões da Planície Litorânea e dos Tabuleiros Costeiros. Destacam-se os Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos e Organossolos (EMBRAPA, 2018).

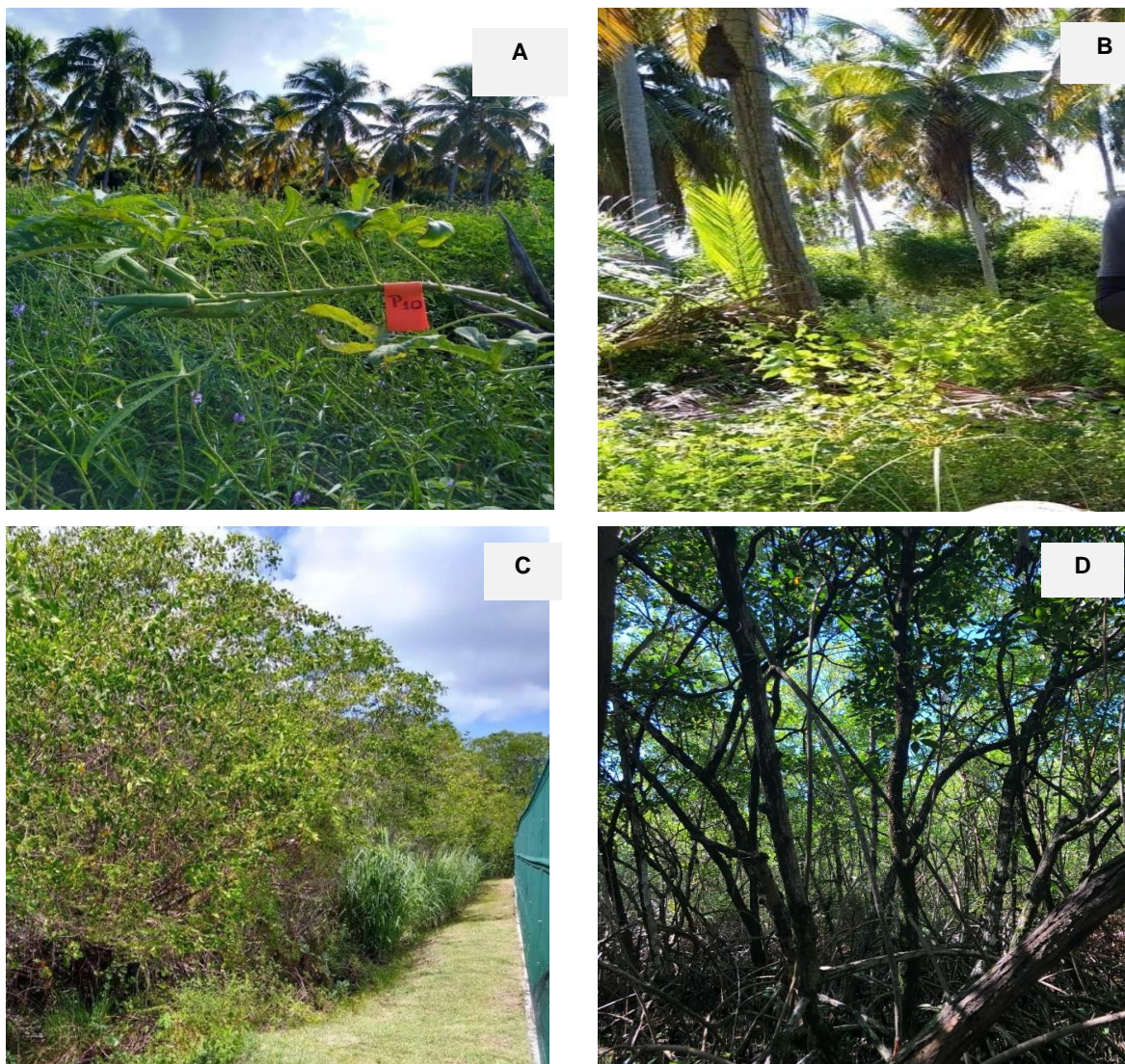
O município apresenta uma vegetação predominante com hábito de crescimento arbustivo-arbóreo do tipo floresta Subperenifólia, Floresta Perenifólia de Restinga e Floresta Perenifólia de Mangue, de formação densa, alta, com porte na faixa de 20 a 30 m e com elevada riqueza de espécies vegetais (EMBRAPA, 2012). Ainda segundo o autor, dentre as espécies encontradas destacam-se: Visgueiro

(*Parkia pendula* Benth.), Marmajuda (*Sloanea obtusifolia* (Moric.) Schum.), Sucupira (*Bowdichia virgilioides* H.B.K.), Murici-da-mata (*Byrsonima sericea* DC.), Ingá-de-porco (*Sclerolobium densiflorum* Benth.), Pau-d'álho (*Gallezia gorazema* Moq.), dentre outras.

A pesquisa foi realizada no bairro Barra Nova, pertencente ao Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba. Para realização do estudo foram selecionadas quatro áreas experimentais: Área 1 - Cultivo Agrícola (9°42'28,9" S e 35°48'27,02" W), Área 2 - Degradada (9°42'22,39" S e 35°48'17,23" W), Área 3 - Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (9°42'04,78" S e 35°48'04,16" W) e Área 4 - Mangue conservado (9°41'56,55" S e 35°47'52,13" W) (CELMM).

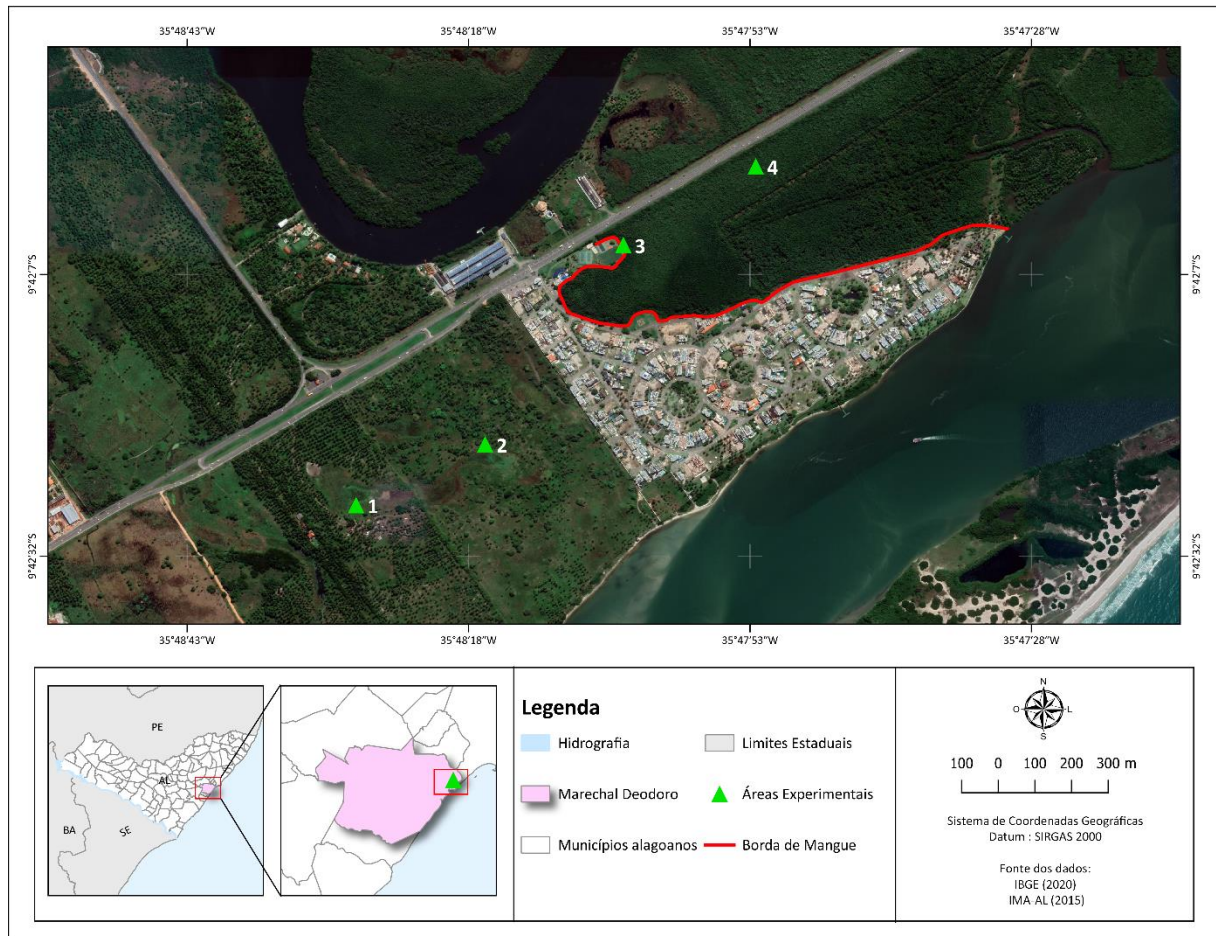
A área 1 - Cultivo Agrícola (Figura 2A) é constituída por plantio de quiabo (*Abelmoschus* sp.). A área 2 - Degradada (Figura 2B) foi submetida ao desmatamento e queima das florestas de mangue no processo de conversão para agricultura, como técnica de manejo do solo, apresenta partes de cobertura vegetal em processo de lenta regeneração. A área 3 - Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (Figura 2C) está localizada ao lado do Condomínio Laguna e se encontra ameaçada pelo avanço desordenado em seu entorno, gerando grandes impactos na região. A área 4 - Mangue (Figura 2D), está inserida em uma contínua área de mangue conservado, porém, é uma área ameaçada em consequência da especulação imobiliária.

Figura 2 - Área de Cultivo Agrícola (A), Degradada (B), Transição- Construção Civil/Borda de Mangue (C) e Mangue (D)



Fotos - Autores, 2019.

Figura 3 - Localização das áreas experimentais.



Quantificação da Mesofauna edáfica

Para a análise da mesofauna foram retiradas dez amostras de solo de cada área (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição - Construção Civil/Borda de Mangue e Mangue), em maio e junho de 2019, com auxílio de anéis metálicos com dimensões de 4,8 cm de diâmetro e altura 5 cm, na profundidade 0-5 cm (ARAUJO et al., 2009). Os anéis metálicos foram introduzidos no solo com auxílio de madeira e martelo, até ficarem totalmente preenchidos com solo e posteriormente, foram retirados com ajuda de pá de jardinagem, envolvidos em tecidos TNT (Tecido Não Texturizado) e tule e, amarrados com liga de látex. Os dados quantitativos das amostras de cada área foram analisados separadamente, somando-se os valores de cada ponto.

As amostras foram levadas ao Laboratório, onde foram inseridas na bateria de extratores Berlese-Tullgren para extração de organismos do solo por 96 horas (4 dias), expostos à luz de lâmpadas incandescentes de 25 W. Os organismos entre 0,2 e 2,0 mm foram armazenados em frascos de vidro de 250 mL contendo solução de álcool etílico 70% (ARAUJO, 2010) e identificados por meio da chave de identificação de Triplehorn e Johnson (2011) e ajuda de especialista.

Também foram realizadas coletas de amostras de solo nos dez pontos de coleta das quatro áreas estudadas (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição - Construção Civil/Borda de Mangue e Mangue), em maio e junho de 2019 para determinação do conteúdo de água do solo, seguindo a metodologia de Tedesco et al. (1995), conforme a equação: $CAS\% = ((Pu - Ps) / Ps) * 100$, em que: CAS = Conteúdo de Água do Solo (%); Pu = Peso do solo úmido (g); Ps = Peso do solo seco (g). Na mesma época e

pontos amostrais das áreas estudadas foram realizadas medições de temperatura na superfície do solo (°C) na profundidade (0-10 cm), utilizando termômetro digital do tipo espeto.

Análise estatística

Todos os dados foram testados quanto sua normalidade (*Shapiro-Wilk*) e somente o Conteúdo de Água do Solo (CAS) foi normalizado após transformação com raiz quadrada ("sqrt"). As demais variáveis passaram por transformações com raiz quadrada e com logaritmo ("log"), mesmo assim não atingiram a normalidade.

Assim, os dados foram assumidos como "não normais" e, para testar a hipótese 1, os dados de abundância e riqueza, da mesofauna edáfica, foram submetidos a análise de *Kruskal-Wallis* e teste *post-hoc* de Dunn (que são testes não-paramétricos), ao nível de 5% ($\alpha = 0,05$) para verificar se houve ou não diferença entre os valores das variáveis citadas anteriormente, em relação as quatro áreas (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição - Construção Civil/Borda de Mangue e Mangue) e entre os dois meses (maio e junho/2019). É importante enfatizar que a análise de *Kruskal-Wallis* substitui a ANOVA de um fator. No entanto, este conjunto de dados apresenta dois fatores: áreas e meses. Então, esta análise foi realizada separadamente para meses e para áreas.

Já para testar a hipótese 2, devido a não normalidade dos dados, estes foram submetidos a estimativas de correlação de *Spearman*. As variáveis consideradas como dependentes foram a abundância (número de indivíduos) e a riqueza (número de grupos) da mesofauna edáfica. Já as variáveis consideradas como independentes foram: temperatura do solo e conteúdo de água do solo. Para testar a relação de dependência entre as variáveis, as significâncias foram verificadas através do teste t de *Student* a 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$), e a interpretação dos resultados da estimativa de correlação de *Spearman* foi baseada nos critérios propostos por *Dancey e Reidy* (2006), no qual as correlações podem ser: fraca ($r \leq 0,399$), moderada ($r \geq 0,400 \leq 0,700$) ou forte ($r \geq 0,701$).

Todos os testes e os gráficos de correlação foram realizados através do software RStudio, usando o R versão 4.1.0 (R CORE TEAM, 2021). Nas análises de *Kruskal-wallis* e teste de Dunn foram utilizados os pacotes: *dplyr* (WICKHAM et al., 2021) e *rstatix* (KASSAMBARA, 2021). Para a análise de correlação de *Spearman*, foram utilizados os pacotes: *dplyr* (WICKHAM et al., 2021) e *Hmisc* (HARRELL JR., 2021). E para os gráficos de correlação foi utilizada a função *corrplot* (WEI e SIMKO, 2021), do pacote *GGally* (SCHLOERKE et al., 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

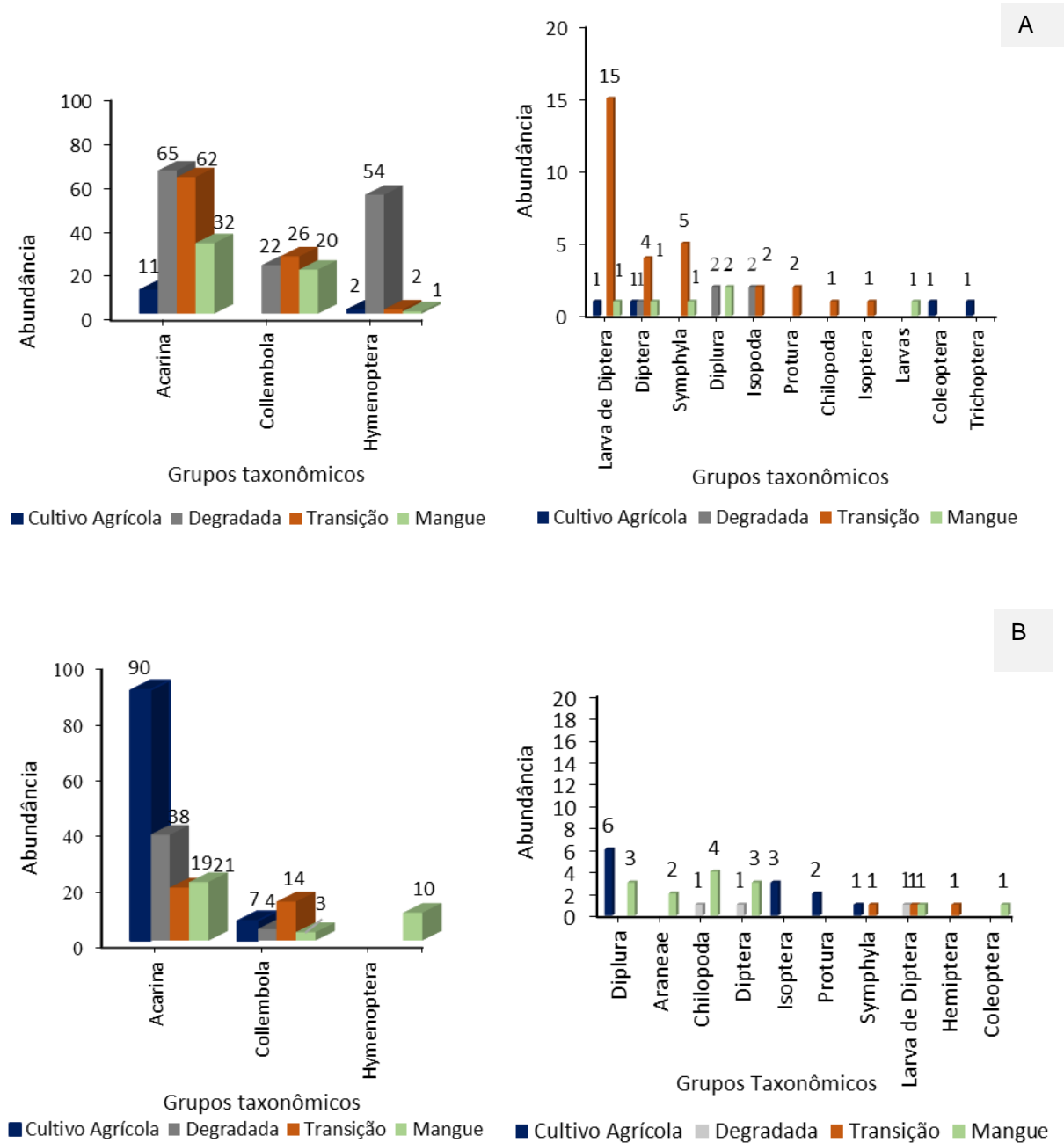
Abundância e riqueza da mesofauna em relação aos meses estudados

Observando-se os valores da mesofauna entre os meses constatou-se que maio e junho de 2019 apresentaram valores de riqueza total nas áreas de estudo muito próximos, mas diferentes quanto a sua abundância (Figuras 1A a 1B). No mês de maio observou-se uma abundância de 341 indivíduos e uma riqueza de 14 grupos taxonômicos. Já no mês de junho a abundância reduziu para 244 indivíduos e uma riqueza de 13 grupos taxonômicos, devido ao volume de precipitação no mês de junho ter sido elevado (338,5 mm), afugentando os invertebrados. De acordo com Silva et al. (2013) os organismos que habitam os espaços porosos do solo, se deslocam para habitat mais profundo, com umidade ideal e suportam apenas algum tempo até a situação ser modificada.

Considerando os meses avaliados observou-se que os grupos da mesofauna do solo com mais representatividade nas quatro áreas foram: Acarina com 338 indivíduos, Collembola com 96 indivíduos e Hymenoptera com 69 indivíduos (Figuras 1A e 1B). Confirmando a assertiva de Moraes et al. (2013) ao afirmarem que os ácaros são os organismos mais abundantes da mesofauna do solo, chegando a 78% em áreas de floresta e 84,7% em áreas de pastagens e como componentes de cadeias alimentares envolvidas na ciclagem da matéria orgânica (PEREIRA et al., 2012). O grupo Collembola de acordo com Machado (2015) possui vasta distribuição e sua maior abundância e diversidade está ligada ao habitat solo-serapilheira.

Cabe destacar, que para demonstrar a abundância dos organismos invertebrados (os mais abundantes e os menos abundantes) (Figuras 1A e 1B) foram utilizados gráficos com escalas diferentes (esquerda = os mais abundantes; direita = os menos abundantes).

Figura 4 - Abundância e riqueza nas áreas Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue nos meses de maio/2019 (A) e junho/2019 (B).



Elaboração - Autores (2021).

As áreas de Cultivo Agrícola e Degradada, no mês de maio de 2019 apresentaram um baixo valor de CAS% (Conteúdo de Água do Solo) (Área 1 - 16,90%; Área 2 - 7,35%) e uma maior TS (Temperatura do Solo) (Área 1 - 27,53 °C; Área 2 - 27,94 °C) em comparação ao mês de junho de 2019 com CAS (Área 1 - 21,11%; Área 2 - 10,46%) e TS (Área 1 - 26,58 °C; Área 2 - 26,33 °C). No mês de junho de 2019 os valores da precipitação pluvial foram superiores (338,5 mm) em relação ao mês de maio de 2019 (176,4 mm) (Tabela 1). Assim, o encharcamento do solo em junho provocou a redução da comunidade da mesofauna em termos de riqueza e abundância. Essa diminuição da riqueza e abundância em junho é devido a redução da temperatura e aumento do CAS e precipitação pluvial (Tabela 1).

Tabela 1 - Fatores edafoclimáticos (Conteúdo de Água do Solo - CAS (%), Precipitação Pluvial - PP (mm) e Temperatura do Solo - TS (°C)) nas áreas de Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue.

Áreas	Maio			Junho		
	CAS	PP	TS	CAS	PP	TS
Cultivo Agrícola	16,90	176,4	27,53	21,11	338,5	26,58
Degradada	7,35	176,4	27,94	10,46	338,5	26,33
Transição (C. Civil/ B. Mangue)	22,88	176,4	28,34	15,25	338,5	26,69
Mangue	22,03	176,4	26,89	34,36	338,5	25,52

Elaboração - Autores, 2021.

De acordo com Primavesi (2003) e Pereira et al. (2012) as consequências da combinação de alta temperatura e baixa umidade é prejudicial para a maioria dos organismos do solo, devido esses organismos serem recobertos por uma película que impossibilita uma proteção maior contra a perda de água que é gerada pela dinâmica da temperatura e umidade deste ambiente. De acordo com Silva et al. (2016), a fauna edáfica é afetada por efeitos climáticos e fatores como temperatura, umidade, textura e cobertura vegetal. O autor afirma que a umidade e a temperatura são fatores que determinam o habitat ideal e afetam a taxa de reprodução e crescimento dos indivíduos e sua distribuição.

DIFERENÇA ENTRE AS ÁREAS E MESES EM RELAÇÃO A ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DA MESOFAUNA EDÁFICA, CONTEÚDO DE ÁGUA DO SOLO E TEMPERATURA DO SOLO

Teste de *kruskal-wallis* e *post-hoc* de *dunn*

Os testes foram realizados para verificar se há diferença da abundância (número de indivíduos) e riqueza (número de grupos) dos organismos da mesofauna edáfica entre as quatro áreas e entre os dois meses estudados e em relação ao conteúdo de água do solo e temperatura do solo. É importante destacar que foi dado ênfase somente na diferença entre a quantidade de grupos, e não se os grupos diferem ou não entre as áreas e meses.

Comparando as quatro áreas (Cultivo Agrícola, Degradada, Transição - Construção Civil/Borda de Mangue e Mangue) os resultados do teste de *Kruskal-Wallis* apontaram que há diferença em relação a riqueza ($X^2_{(3)} = 13.359$; p-value = 0.003921), conteúdo de água do solo ($X^2_{(3)} = 38.109$; p-value = $2.68e^{-08}$) e temperatura do solo ($X^2_{(3)} = 16.192$; p-value = 0.001036), mas não há diferença em relação a abundância dos organismos ($X^2_{(3)} = 4.71$; p-value = 0.1945) (Tabela 2).

Tabela 2 - *Post-hoc* de *Dunn* para abundância = Número de Indivíduos (NI) e riqueza = Número de Grupos (NG) da mesofauna edáfica, e variáveis edafoclimáticas (Conteúdo de Água do Solo - CAS (%)) e Temperatura do Solo - TS (°C)) em relação as áreas e meses.

Grupo 1	Grupo 2	Valor de <i>p</i> ajustado e com significância			
		NI	NG	CAS	TS
	Áreas				
C. Agrícola	Degradada	0.872 ns	1 ns	$2.71e^{-4}$ ***	1 ns
C. Agrícola	Transição	0.210 ns	0.0142 *	1 e ⁺⁰ ns	1 ns
C. Agrícola	Mangue	1 ns	0.0533 ns	$2.91e^{-1}$ ns	0.0157 *
Degradada	Transição	1 ns	0.0860 ns	$4.32e^{-3}$ **	1 ns
Degradada	Mangue	1 ns	0.257 ns	$8.57e^{-9}$ ****	0.0314 *
Transição	Mangue	1 ns	1 ns	$4.54e^{-2}$ *	0.00108 *
	Meses				
	Maio				
	Junho	0.285 ns	0.652 ns	0.187 ns	$9.91e^{-10}$ ****

Elaboração - Autores, 2021.

Já em relação aos meses, só houve diferença entre a temperatura do solo (temperatura do solo: $X^2_{(1)} = 37.343$; p-value = $9.908e^{-10}$; abundância: $X^2_{(1)} = 1.1412$; p-value = 0.2854; riqueza: $X^2_{(1)} = 0.20324$; p-value = 0.6521; conteúdo de água do solo: $X^2_{(1)} = 1.7379$; p-value = 0.1874) (Tabela 2).

O *post-hoc* de Dunn (Tabela 2) indicou que a abundância não apresentou resultados significativos entre áreas e meses. No que diz respeito a riqueza, considerando as áreas, houve diferença entre Cultivo Agrícola e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue). Quanto as variáveis edafoclimáticas, observou-se que a área Degradada diferiu dos demais ambientes. A área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) diferiu de Mangue para Conteúdo de Água do Solo - CAS. Já em relação aos meses, somente a temperatura do solo apresentou diferença. E entre as áreas, somente Mangue foi diferente dos demais ambientes, em relação a variável temperatura.

INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS EDAFOCLIMÁTICOS SOBRE A ABUNDÂNCIA E RIQUEZA, DA MESOFAUNA EDÁFICA

Estimativas de correlação de Spearman

Os resultados das estimativas de correlação de Spearman (relação das variáveis edafoclimáticas com a abundância e riqueza da mesofauna edáfica) estão representados nas figuras 5A a 5D.

É possível observar que nas áreas de Cultivo Agrícola (Figura 5A) e Mangue (Figura 5C), não houve resultados significativos ($p < 0,05$). Já na área Degradada (Figura 5B), a abundância apresentou correlação positiva ($r=0.5$) com a temperatura do solo, que de acordo com Dancey e Reidy (2006) é classificada como moderada ($r \geq 0,400 \leq 0,700$). O que significa que quando a temperatura do solo se eleva, aumenta o número de indivíduos da mesofauna, e quando a temperatura do solo diminui, a abundância reduz.

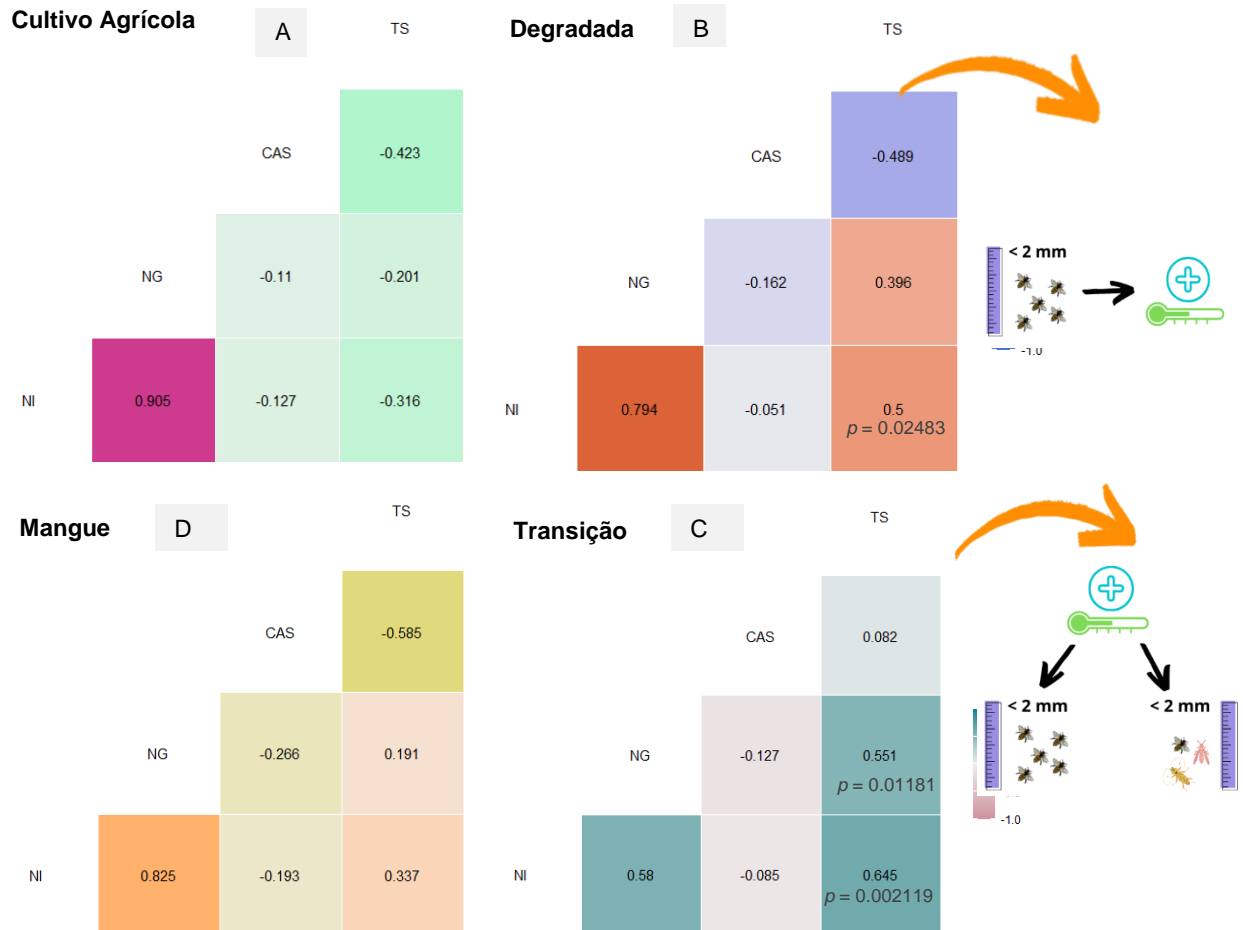
Na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (Figura 5D), a abundância e riqueza apresentaram correlações positivas e moderadas com a temperatura do solo, ou seja, as duas variáveis aumentam ou diminuem proporcionalmente: quando a temperatura se eleva, aumenta a abundância e a riqueza, e quando a temperatura diminui, há uma redução em ambas as variáveis.

A partir dos resultados é possível inferir que a Hipótese 1 em parte foi comprovada, já que os testes mostraram que há uma diferença da riqueza em relação as quatro áreas. Apenas, sendo refutada em relação a abundância nas quatro áreas, pois não houve correlação significativa para o número de indivíduos. A Hipótese 2 foi parcialmente corroborada, pois os resultados das estimativas de correlação de Spearman entre as variáveis edafoclimáticas (CAS e TS) com a abundância da mesofauna, na área de Cultivo Agrícola, não apresentaram significância.

Na área Degradada houve correlação positiva ($p=0.02483$) e moderada ($r=0.5$) entre abundância e TS (corroborada) mas não houve correlação com o conteúdo de água do solo (refutada); Na área de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) houve correlação positiva da riqueza com TS, mas a hipótese foi refutada porque era esperado uma correlação negativa. Houve também correlação positiva com a abundância e TS, e não houve correlação da riqueza e abundância com CAS (refutada); Na área de Mangue não houve correlação entre riqueza e as variáveis CAS e TS (refutada).

Desse modo, as variáveis edafoclimáticas influenciaram a abundância e riqueza da mesofauna edáfica nas áreas estudadas do ecossistema Manguezal, embora o conteúdo de água do solo não tenha se mostrado uma variável significativa. Esse resultado corrobora com estudos anteriores, apontando que o aumento da temperatura e umidade são favoráveis a atividade da fauna em função dos grupos taxonômicos e que os diferentes tipos de cobertura e uso do solo têm, (KRETSCHMER, 2016 e ALVES, 2018), fato observado no presente estudo.

Figura 5 - Estimativas de correlação de Spearman (A) e relação das variáveis edafoclimáticas (Conteúdo de Água do Solo - CAS (%) e Temperatura de Água do Solo - TS (°C)) com a abundância = Número de Indivíduos (NI) e riqueza = Número de Grupos (NG) da mesofauna nas áreas - Cultivo Agrícola (A), Degradada (B), Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) (C) e Mangue (D).



Elaboração - Autores, 2022.

CONCLUSÕES

A maior riqueza de grupos taxonômicos encontra-se nas áreas de Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue e a abundância mais elevada na área Degradada;

A abundância e riqueza dos organismos da mesofauna apresentam correlação direta com a temperatura do solo, confirmadas pelas estimativas de correlação de Spearman. Já o conteúdo de água do solo não apresenta influência significativa;

A riqueza dos grupos taxonômicos é diferente entre as áreas Cultivo Agrícola e Transição (Construção Civil/Borda de Mangue), já a abundância dos organismos não difere nas quatro áreas Cultivo Agrícola, Degradada, Transição (Construção Civil/Borda de Mangue) e Mangue;

Recomenda-se a continuação de pesquisas a longo prazo sobre os grupos taxonômicos da mesofauna do solo, principalmente na área de Mangue, já que há escassez de informações sobre os organismos edáficos que habitam os solos salinos dos manguezais brasileiros, tendo sido encontrados nesta pesquisa os primeiros indícios do que pode ocorrer na área.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Ecogeografia e Sustentabilidade Ambiental (LabESA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e ao

Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais (PPGASA) do Centro Universitário Cesmac.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Composição e sazonalidade e da mesofauna do solo do semiárido paraibano. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 4, p. 214-222, 2013.
- ALVES, S. S. **Dinâmica da macrofauna em serrapilheira em áreas com plantios de *Eucalyptus* ssp. e Caatinga, em Olho D'Água das Flores, Semiárido de Alagoas**. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.
- ARAUJO, K. D. **Análise da vegetação e organismos edáficos em áreas de caatinga sob pastejo e aspectos socioeconômicos e ambientais de São João do Cariri – PB**. 2010. 151 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- ARAUJO, K. D.; PARENTE, H. N.; CORREIA, K. G.; RODRIGUES, M. Q.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P. de; SOUTO, J. S. Influência da precipitação pluvial sobre a mesofauna invertebrada do solo em área de caatinga no Semiárido da Paraíba. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia**, Jataí, v. 12, n. 12, p. 1-12, 2009.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. do. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 1-14, 2015.
- CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Precipitação pluviométrica. 2005. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- DANCEY, C. P.; REIDY, T. **Estatística sem matemática para psicologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608 p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 335 p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Alagoas**. 1. ed. Recife: Embrapa Solos, 2012. 238 p. (Boletim Técnico).
- HARRELL JR., F. E. **Hmisc**: Harrell Miscellaneous. R package version 4.5-0. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- KASSAMBARA, A. **Rstatix**: Pipe-friendly framework for basic statistical tests. R package version 0.7.0. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. de; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (eds.). **O ecossistema solo**: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. 1. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2013. p. 79-128.
- KRETSCHMER, E. **Fauna epigeia em fragmento de mata nativa e área agrícola no município Doutor Maurício Cardoso/RS**. 2016. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Ciências Biológicas) – Campus Cerro Largo, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2016.
- MACHADO, J. S. **Diversidade morfológica de colêmbolos (Hexapoda: Collembola) em sistemas de manejo do solo**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.
- MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: diagnóstico do município de Marechal Deodoro, estado de Alagoas. 1. ed. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 21 p.
- MORAIS, J. W. de; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (eds.). **O ecossistema solo**: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. 1. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2013. p. 185-200.

NANNI, H. C.; NANNI, S. M.; SEGNINI, R. C. Preservação dos manguezais e seus reflexos. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2005, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: UNESP, 2005, p. 1-12.

PEREIRA, R. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, número especial, p. 63-76, 2012.

PRIMAVESI, A. Revisão do conceito de agricultura orgânica: conservação do solo e seu efeito sobre a água. **Revista O Biológico**, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 69-73, 2003.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2021. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 17 ago. 2021.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1061-1068, 2009.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000023>

SILVA, L. C. S.; SILVA, A. P. L. da; ARAÚJO, K. D.; LIRA, E. dos S. Mesofauna do solo, na caatinga de Maravilha, semiárido alagoano. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1., 2016, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2016. p. 1-10.

SILVA, A. C. F. da; SOUTO, P. C.; BARROSO, R. F.; PINTO, M. G. C.; SILVA, G. H. da. Mesofauna edáfica em ecossistema manguezal no litoral sul do Rio Grande do Norte. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFCG, 2013. p. 1-4.

SCHLOERKE, B.; COOK, D.; LARMARANGE, J.; BRIATTE, F.; MARBACH, M.; THOEN, E.; ELBERG, A.; CROWLEY, J. **GGally**: Extension to 'ggplot2'. R package version 2.1.2. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=GGally>. Acesso em: 17 ago. 2021.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises do solo, plantas e outros materiais**. 1. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188 p. (Boletim técnico).

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 809 p.

VILLANUEVA, T. C. B. **Geodiversidade do estado de Alagoas**. 1. ed. Salvador: CPRM, 2016. 165 p.

WANDERLEY, A. D. P.; MENDONÇA, A. G. R.; OLIVEIRA, L. C. de; FIGUEIREDO, I. M.; FERNANDES, A. P.; BATALHA, L. T.; BOTERO, W. G. Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba: caracterização da matéria orgânica natural e interação com íons Hg²⁺. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 206-211, 2020.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package 'corrplot'**: visualization of a correlation matrix (version 0.90). 2021. Disponível em: <https://github.com/taiyun/corrplot>. Acesso em: 17 ago. 2021.

WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K. **dplyr**: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.0.7. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 16 ago. 2021.

Recebido em: 14/04/2023

Aceito para publicação em: 27/07/2023