
Invertebrados do Solo em Fragmento de Mata Atlântica com Presença de Espécies Exóticas (*Eucalyptus* sp. e *Bambusa vulgaris*)

*Soil Invertebrates in an Atlantic Forest Fragment with the Presence of Exotic Species (*Eucalyptus* sp. and *Bambusa vulgaris*)*

*Invertebrados del Suelo en un Fragmento de Mata Atlántica con Presencia de Especies Exóticas (*Eucalyptus* sp. y *Bambusa vulgaris*)*

Renato Wilian Santos de Lima¹

 <https://orcid.org/0000-0001-9381-5812>

Ana Paula Lopes da Silva²

 <https://orcid.org/0000-0002-7263-7671>

Kallianna Dantas Araujo³

 <https://orcid.org/0000-0001-6476-1640>

RESUMO: Os indivíduos invertebrados da macro e mesofauna edáfica são organismos que vivem permanentemente ou passam algumas das suas fases de desenvolvimento no solo, sendo indicadores relevantes da qualidade ambiental. Objetivou-se avaliar a composição da macrofauna e mesofauna de invertebrados do solo em fragmento de Mata Atlântica com presença de espécies exóticas (*Eucalyptus* sp. e *Bambusa vulgaris*), em Maceió, Alagoas. A macro e mesofauna foi quantificada em maio/2022. Foram utilizadas armadilhas do tipo Provid para quantificar a macrofauna. E para a mesofauna foram utilizados anéis metálicos e extração pelo método Berlese-Tullgren. Foi avaliada a similaridade entre as áreas (abundância e riqueza) por meio do índice de Bray-Curtis. Foram analisadas as variáveis ambientais: conteúdo de água do solo (CAS), temperatura do solo (TS) e precipitação pluvial (PP), e quantificada a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade pelos índices de Shannon e Pielou. O grupo taxonômico dominante da macrofauna foi Coleoptera e da mesofauna Acarina, independentemente das áreas, comprovado pelos menores índices ecológicos (Shannon e Pielou); a análise de Bray-Curtis apontou alta similaridade entre as áreas para a abundância e riqueza da macro e mesofauna de invertebrados edáficos; a PP e o CAS influenciou a abundância da mesofauna e a riqueza da macrofauna.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDema) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: renato6609@hotmail.com.

² Doutorado em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDema) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: lakes_br@yahoo.com.br.

³ Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDema) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: kdaraujo@yahoo.com.br.

PALAVRAS-CHAVES: Macrofauna; Mesofauna; Indicadores do solo; Índices ecológicos; Variáveis edafoclimáticas.

ABSTRACT: *The invertebrates individuals edaphic macro and mesofauna are organisms that live permanently or spend some of their stages of development in the soil, being relevant indicators of environmental quality. The objective was to evaluate the composition of macrofauna and mesofauna of soil invertebrates in an Atlantic Forest fragment with the presence of exotic species (*Eucalyptus* sp.) and (*Bambusa vulgaris*), in Maceió, Alagoas. The macro and mesofauna were quantified in May 2022. Provid-type traps were used to quantify the macrofauna. And for mesofauna, metallic rings and extraction by the Berlese-Tullgren method were used. The similarity between the areas (abundance and richness) was evaluated using the Bray-Curtis index. Environmental variables were also surveyed: soil water content (SWC), soil temperature (ST) and rainfall (R). And abundance and richness, as well as diversity and uniformity, were quantified by Shannon and Pielou indices. The dominant taxonomic group of the macrofauna is Coleoptera and the mesofauna Acarina, regardless of the areas, as evidenced by the lowest ecological indices (Shannon and Pielou); The Bray-Curtis analysis points to a high similarity between the areas for the abundance and richness of the macro and mesofauna of edaphic invertebrates; R and SWC influence mesofauna abundance and macrofauna richness.*

KEYWORDS: Macrofauna; Mesofauna; Soil indicators; Ecological indices; Edaphoclimatic variables.

RESUMEN: *Los individuos invertebrados de la macro y mesofauna edáfica son organismos que viven permanentemente o pasan algunas de sus fases de desarrollo en el suelo, siendo indicadores importantes de la calidad ambiental. Se objetivó evaluar la composición de la macrofauna y mesofauna de los invertebrados del suelo en un fragmento de Mata Atlántica con presencia de especies exóticas (*Eucalyptus* sp.) y (*Bambusa vulgaris*), en Maceió, Alagoas. La macrofauna y la mesofauna se cuantificaron en mayo 2022. Para la cuantificación de la macrofauna se utilizaron trampas tipo Provid. Y para la mesofauna se utilizaron anillos metálicos y extracción por el método de Berlese-Tullgren. La similitud entre las áreas (abundancia y riqueza) se evaluó mediante el índice de Bray-Curtis. También se levantaron variables ambientales: contenido de agua del suelo (CAS), temperatura del suelo (TS) y pluviosidad (P), abundancia, riqueza, así como la diversidad y la uniformidad mediante los índices de Shannon y Pielou. El grupo taxonómico dominante de la macrofauna es Coleoptera y la mesofauna Acarina, independientemente de las áreas, como lo demuestran los índices ecológicos más bajos (Shannon y Pielou); El análisis de Bray-Curtis apunta a una alta similitud entre las áreas para la abundancia y riqueza de la macro y mesofauna de invertebrados edáficos; La P y el CAS influyen en la abundancia de la mesofauna y la riqueza de la macrofauna.*

PALABRAS-CLAVE: Macrofauna; Mesofauna; Indicadores del suelo; Índices ecológicos; Variables edafoclimáticas.

INTRODUÇÃO

O Bioma Mata Atlântica é um dos maiores em biodiversidade e endemismo no mundo, no entanto durante todo o curso da história brasileira vem sendo antropizado, refletindo na ameaça de extinção de espécies da fauna e flora (Pinto; Hirota, 2022), por esses motivos esse bioma é classificado como um dos hotspots mundiais de conservação do planeta (Mittermeier *et al.*, 2004; Myers *et al.*, 2000).

Reaberto ao público em 2018, em uma parceria da Prefeitura de Maceió e o IBAMA, o Parque do Horto está localizado no bairro de Gruta de Lourdes, na cidade de Maceió, Alagoas,

ocupando uma área de 55,43 hectares (Barbosa; Rios, 2006). O local foi por meio de Decreto Federal nº 1.709, de 20 de novembro de 1995, instituído como uma Área de Preservação Permanente (APP) (Brasil, 1995). Para os visitantes, o parque possui três trilhas: Trilha Principal - Ambientalista Fernandes Lima, Trilha da Nascente e Trilha das Pedras.

O Parque do Horto conta com uma variedade de espécies nativas de Mata Atlântica, apresentando aproximadamente 7.500 espécimes de pau-brasil (*Paubrasilia echinata*), sendo a terceira maior reserva dessa espécie no Nordeste. No entanto, também é possível encontrar espécies exóticas como *Eucalyptus* sp. (eucalipto) e *Bambusa vulgaris* (bambu).

São consideradas exóticas as espécies que não ocorrem naturalmente em uma dada região geográfica sem o transporte humano intencional ou acidental (Sartorelli *et al.*, 2018). Adaptam-se com facilidade, devido à ausência de predadores naturais no ambiente recém-chegado, prejudicando as espécies nativas, pois possuem vantagens competitivas por água, luz e nutrientes (Santos; Silva, 2020; Sousa *et al.*, 2015), resultando na diminuição da diversidade de habitats, na perda da biodiversidade natural (Prestes; Vincenci, 2019) e impactando na fauna de invertebrados do solo (Calheiros, 2020).

Avaliando a comunidade de artrópodes do solo em diferentes tratamentos, Amaral e Santos (2015) detectaram baixa abundância e riqueza em ambiente com a presença de bambu (espécie exótica) indicando, conforme os autores, que houve redução de micro habitats e desequilíbrio ambiental.

É importante destacar que a fauna edáfica é constituída pela comunidade de invertebrados que vivem permanentemente ou que passam uma ou mais fases de desenvolvimento no solo (Oliveira Filho *et al.*, 2018), nos quais desempenham diversas funções, como: decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, regulação da população de fungos e bactérias, criação de galerias, além de servirem como bioindicadores de qualidade do solo (Halabura; Haiduk, 2021).

Os organismos da fauna edáfica podem ser classificados pelo tamanho do corpo, mobilidade, hábitos alimentares e funções no solo (Nascimento *et al.*, 2022). Conforme os autores, as classificações mais comuns são as que levam em consideração o diâmetro corporal (indica uma relação com o diâmetro do tubo digestivo e do aparelho bucal ou comprimento). Com relação ao comprimento, a classificação mais habitualmente utilizada é a de Swift, Heal e Anderson (1979), na qual os organismos são classificados em três grupos: micro, meso e macrofauna.

A macrofauna de invertebrados do solo compreende os organismos com comprimento \geq a 2 milímetros (Swift; Heal; Anderson, 1979), abrangendo mais de 20 grupos como: Hymenoptera (formiga, vespa e abelha), Coleoptera (besouro e broca), Araneae (aranha), Isoptera (cupim), dentre outros (Brown *et al.*, 2015). A mesofauna engloba os organismos com comprimento $\geq 0,2 \leq 2,0$ milímetros, constituídos pelos grupos Collembola (colêmbolo),

Acarina (ácaro), Symphyla (symphylo), Protura (proturo), Diplura (dipluro), e outros (Swift; Heal; Anderson, 1979). Esses organismos alimentam-se principalmente de matéria orgânica em decomposição, fungos e microrganismos (Nascimento *et al.*, 2022).

A abundância e a diversidade destes invertebrados podem ser afetadas por vários fatores e/ou elementos, como: edáficos (tipo de solo, minerais predominantes, pH, matéria orgânica, umidade, textura e estrutura); vegetais (tipo de vegetação e cobertura); históricos (antrópico, mas também geológico); topográficos (posição fisiográfica, inclinação) e climáticos (precipitação, temperatura, vento e umidade do ar) (Silveira, 2019). Assim, por serem sensíveis aos diversos fatores e/ou elementos, podem refletir o estado de degradação, recuperação e conservação do ambiente (Spiller; Spiller; Garlet, 2018).

Diante deste contexto, elaborou-se o seguinte problema: qual a composição da macro e mesofauna de invertebrados do solo em fragmento de Mata Atlântica com presença de espécies exóticas (eucalipto e bambu) no Parque do Horto, em Maceió, Alagoas? Tendo como hipótese: a área de Mata Atlântica, por apresentar uma maior diversidade de espécies vegetais, proporciona melhores condições para a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade da fauna edáfica, em relação as áreas com presença de eucalipto e bambu, que são espécies exóticas desse ambiente.

Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar a composição da macro e mesofauna de invertebrados do solo em fragmento de Mata Atlântica com presença de espécies exóticas (*Eucalyptus* sp. e *Bambusa vulgaris*), no Parque do Horto, em Maceió, Alagoas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Maceió, Alagoas, localizado na Mesorregião Geográfica do Leste Alagoano e Microrregião de Maceió (Alagoas..., 2021), inserido entre as coordenadas geográficas 09°21'31" e 09°42'49" S e 35°33'56" e 35°38'36" W, com altitude oscilando entre 0 a 20 metros na planície litorânea, 20 a 180 metros nas encostas e topos de tabuleiros e 300 metros no topo da Serra da Saudinha no noroeste do município (Andrade; Calheiros, 2016).

Os solos que ocorrem em Maceió são do tipo latossolos e argissolos que perfazem uma área que representa 74,8% da área total do município. Os demais solos equivalem a 21,6% da área, identificados como gleissolos e neossolos quartzarênicos (Embrapa, 2012; Parahyba *et al.*, 2008), inserido sob terrenos sedimentares: o planalto que corresponde à Formação Barreiras e as planícies litorâneas e lagunar, com relevo (baixada três a cinco metros; terraço pleistocênico oito a dez metros; Planalto Sedimentar dos Tabuleiros 40 a 100 metros) (Embrapa, 2012). A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Aberta (Mata Atlântica

remanescente), assim como os ecossistemas associados como a restinga e os manguezais (Lima, 2009).

O clima da área de estudo é As' - Tropical quente com chuvas de outono/inverno, segundo a classificação de Köppen, com período chuvoso concentrado de outono a inverno (Alvares *et al.*, 2014; Pell; Finlayson; McMahon, 2007), com precipitação média anual de 1.808,1 mm/ano (INMET, 2022a), temperatura do ar média anual de 25,1 °C e umidade do ar de 78,5% (INMET, 2021).

ÁREA DE ESTUDO

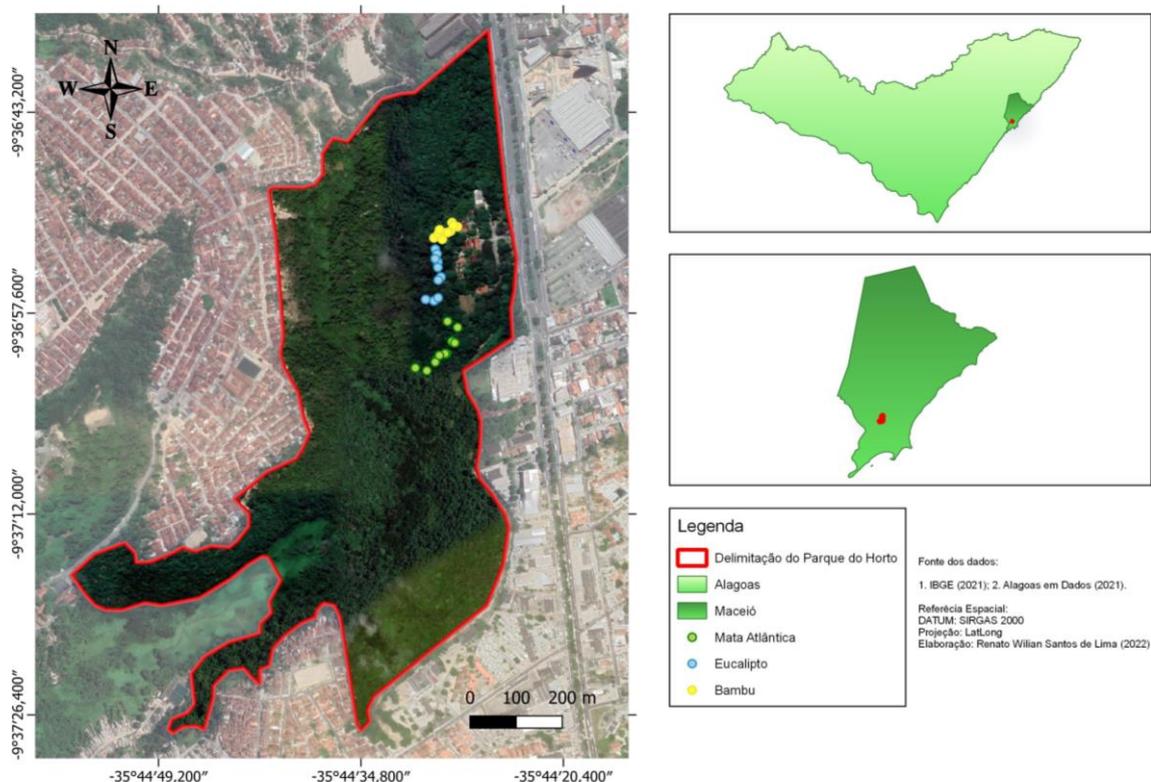
O local da pesquisa está inserido em um fragmento de Mata Atlântica, no Parque do Horto de Maceió, localizado no bairro Gruta de Lourdes, por trás da sede administrativa do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), sob as coordenadas geográficas 09°36'53" S e 36°44'27", com área de 55,43 hectares (Barbosa; Rios, 2006). Trata-se de uma Área de Preservação Permanente (APP) instituída pelo Decreto Federal nº 1.709, de 20 de novembro de 1995 (Brasil, 1995) (Figura 1), sendo administrado através da cooperação técnica entre a Prefeitura de Maceió e a Superintendência do Ibama em Alagoas.

Foram avaliados no Parque do Horto três ambientes distintos: 1. Mata Atlântica, 2. *Eucalyptus* sp. (eucalipto) e 3. *Bambusa vulgaris* (bambu). O fragmento de Mata Atlântica (Figura 2A) é densamente vegetado e destaca-se a presença da espécie *Paubrasilia echinata* (pau-brasil), com espessa camada de serapilheira aportada ao solo, que serve de alimento e abrigo para a fauna edáfica.

Na área de Eucalipto (Figura 2B) as árvores apresentam porte elevado ($\cong 30$ m) com menor diversidade vegetal presente na serapilheira, já que boa parte é constituída pelas respectivas espécies. Destaca-se nesse ambiente a presença de um pequeno corpo d'água que corta o local.

Na área de bambu (Figura 2C) a vegetação apresenta-se com densas touceiras, de elevado porte ($\geq 15 \leq 20$ m). A camada vegetal do ambiente é formada por um conjunto das próprias folhas do bambu e uma miscelânea (material não identificado) de outras espécies. O ambiente está localizado entre um terreno íngreme, de um lado, e no oposto, por uma trilha ecológica. Por se tratar de uma área mais aberta e com grande circulação de pessoas, é comum verificar o descarte irregular de lixo, assim como material orgânico de outras espécies vegetais que são varridos da trilha para dentro desse ambiente.

Figura 1 - Localização do Parque do Horto de Maceió, Alagoas.



Fonte: autores.

Figura 2 - Ambientes estudados: Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C)



Fonte: autores.

QUANTIFICAÇÃO DA MACROFAUNA E MESOFAUNA DE INVERTEBRADOS DO SOLO

Os organismos da macrofauna de invertebrados edáficos foram quantificados em 10 pontos amostrais em cada área, durante coleta no mês de maio de 2022. Para a captura dos organismos foi utilizada armadilhas Provid, com quatro orifícios de dimensões 2x2 centímetros na altura de 20 centímetros da sua base (Araujo, 2010), contendo 200 mililitros de solução de detergente, na concentração de 5% e 12 gotas de Formol P.A. (formaldeído) (Sperber; Vieira; Mendes, 2003) que permaneceram no campo por 96 horas (Giracca *et al.*, 2003), enterradas com os orifícios ao nível da superfície do solo.

Em seguida as armadilhas foram recolhidas e encaminhadas para laboratório, onde o material coletado foi lavado em peneira com malha de 0,25 milímetro. Com o auxílio de lupa e pinças, foi feita a contagem dos organismos (≥ 2 mm de comprimento) e estes foram armazenados em solução de álcool a 70% (Swift; Heal; Anderson, 1979).

Os organismos da mesofauna de invertebrados edáficos foram amostrados nos mesmos ambientes, mediante coletas de dez amostras de solo + serapilheira, em uma profundidade de 0-5 centímetros, com o uso de anéis metálicos com diâmetro de 4,8 centímetros e altura de 5 centímetros.

Em laboratório, os organismos da mesofauna (comprimento entre $\geq 0,2 \leq 2,0$ milímetros) (Swift; Heal; Anderson, 1979) foram extraídos pelo método Berlese-Tullgren, permanecendo no extrator para aquecimento das amostras, com lâmpadas incandescentes, durante 96 horas. Os organismos extraídos foram mantidos em recipiente de vidro contendo álcool 70% (Araujo, 2010) e foram identificados com lupa binocular.

Os organismos da macro e mesofauna de invertebrados foram contados e classificados no nível de grupo taxonômico, utilizando-se chave de identificação de Triplehorn e Johnson (2011).

ÍNDICE DE BRAY-CURTIS

Foi quantificado o índice de similaridade de Bray-Curtis para comparação da abundância e riqueza das três áreas. Este índice é expresso como uma proporção de similaridade ou dissimilaridade na abundância das espécies e/ou grupos (Rodrigues, 2022). Em qualquer um dos casos seus valores vão de 1 (máxima similaridade – as amostras têm a mesma composição) a 0 (máxima dissimilaridade – as amostras são totalmente diferentes) (Clarke; Gorley, 2015; Rodrigues, 2022), sendo uma similaridade considerada alta se o valor for maior que 0,5 (Lopes; Vale; Schiavini, 2009). Foi utilizado o software Past versão 4.03.

ÍNDICES ECOLÓGICOS

Em seguida, foi quantificada a diversidade pelo Índice de Shannon (H), definido por:

$$H = - \sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

Em que:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = densidade de cada grupo;

$N = \sum$ da densidade de todos os grupos.

O Índice de Shannon (H) varia de 0 a 5, cujos menores valores indicam os grupos dominantes (Begon; Harper; Townsend, 1996).

E a uniformidade pelo Índice de Pielou (e) definido por:

$$e = H / \log S \quad (2)$$

Em que:

H = Índice de Shannon;

S = Número de grupos.

O Índice de Pielou (e) varia de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima), permitindo representar a distribuição dos indivíduos entre os grupos (Pielou, 1977).

VARIÁVEIS RELACIONADAS COM A MACRO E MESOFAUNA DE INVERTEBRADOS DO SOLO

Foram realizadas determinações do Conteúdo de Água do Solo (CAS) mediante coletas de amostras de solo na profundidade 0-10 centímetros, nos mesmos pontos de coleta da macro e mesofauna de invertebrados edáficos, as quais foram acondicionadas em cápsulas de alumínio previamente identificadas. Em laboratório, as amostras foram pesadas em balança analítica para obtenção do peso úmido e, em seguida, levadas para estufa sem circulação de ar para secagem a 105 °C, durante 24 horas e novamente pesadas para obtenção do peso seco, com base na metodologia de Tedesco *et al.* (1995). Os dados foram calculados pela equação:

$$CAS\% = \left(\frac{P_u - P_s}{P_s} \right) * 100 \quad (3)$$

Em que:

CAS = Conteúdo de água do solo (%);

P_u = Peso do solo úmido (g);

P_s = Peso do solo seco (g).

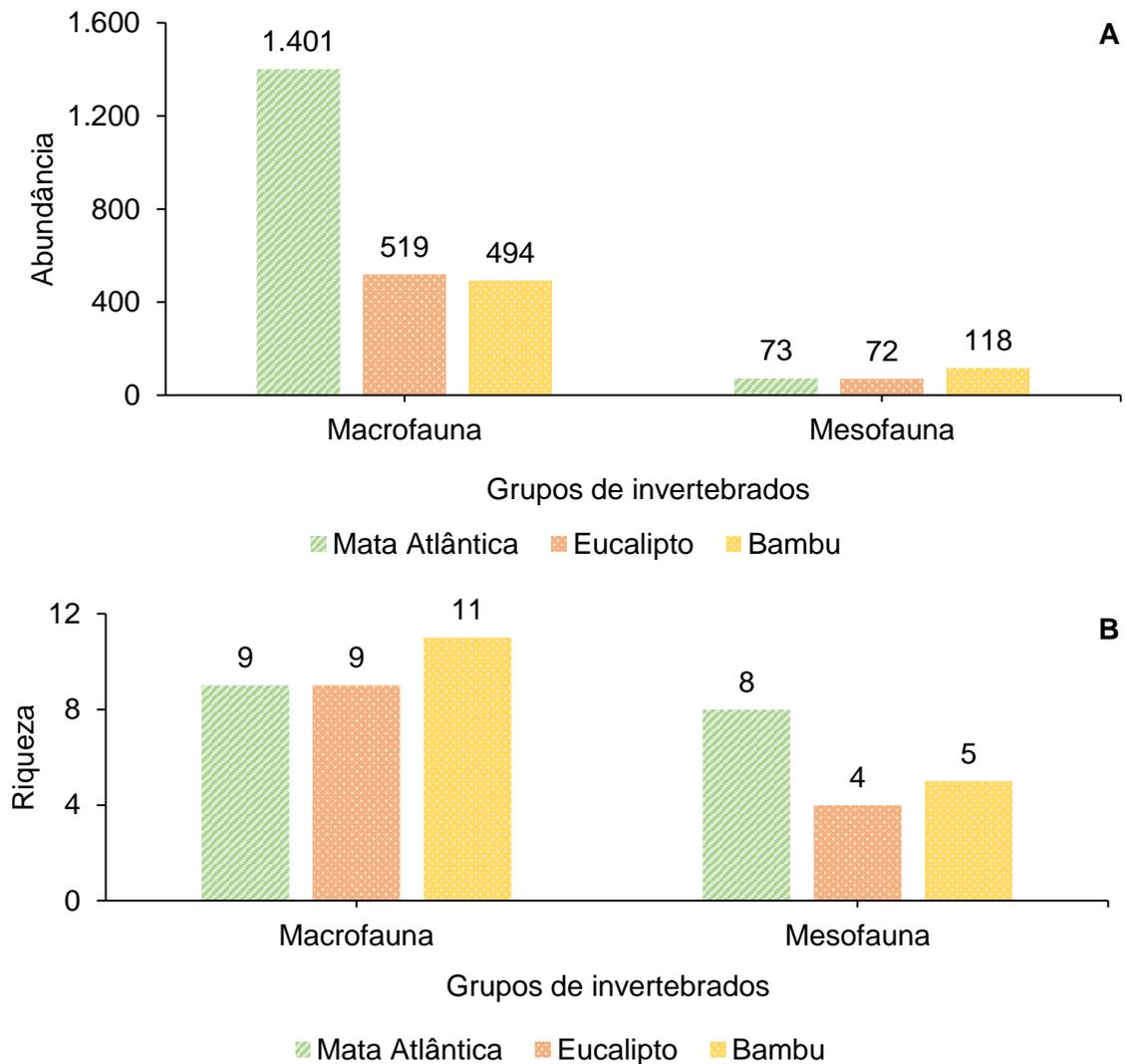
Nos três ambientes estudados foram realizadas medidas de temperatura do solo na profundidade 0-10 centímetros, com termômetro digital espeto. Também foram obtidos dados de precipitação pluvial do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a macrofauna edáfica (≥ 2 milímetros) foram capturados uma abundância de 2.414 organismos (Figura 3A) e uma riqueza de 15 grupos taxonômicos (Figura 3B). Na mesofauna ($\geq 0,2 \leq 2,0$ milímetros), registrou-se um total de 263 organismos (Figura 3A), distribuídos entre nove grupos taxonômicos (Figura 3B). Esses resultados refletem que há

maior quantidade e variedade de indivíduos habitando a superfície, entre a serapilheira e o solo, detectado também em pesquisas realizadas em outros locais, conforme destacam Alves e Almeida (2020) e Santos (2016) em trabalhos realizados na caatinga. Franco (2016) e Bezerra *et al.* (2022), na Mata Atlântica, constataram maior abundância e riqueza da macrofauna na superfície do solo, em relação à mesofauna de invertebrados que habita na camada subsuperficial (0-5 centímetros).

Figura 3 - Abundância (A) e riqueza (B) da macro e mesofauna invertebrada do solo nos ambientes estudados.



Fonte: autores.

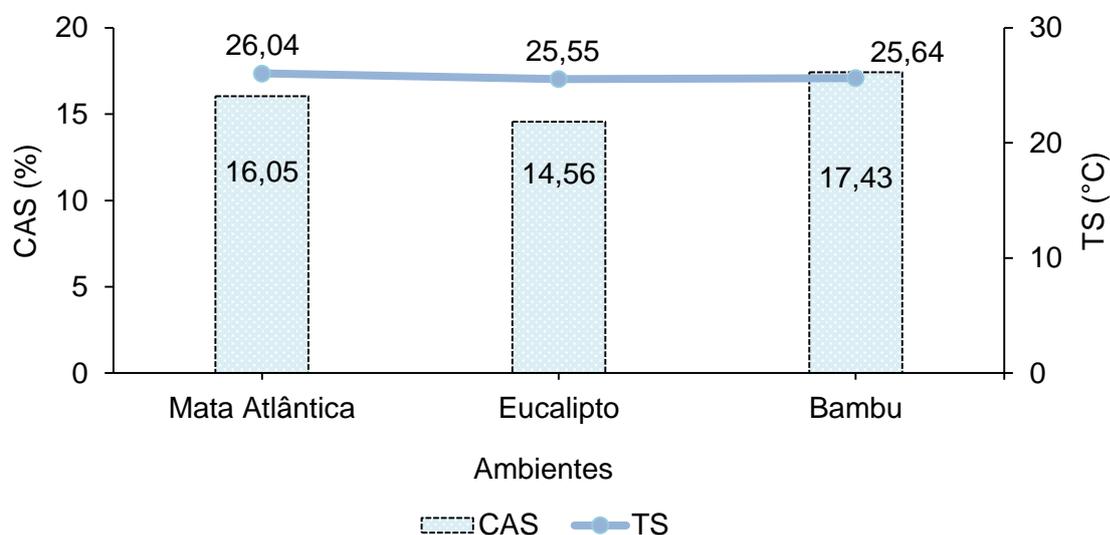
A macrofauna de invertebrados se distribuiu de forma desigual entre as áreas, atingindo 1.401 indivíduos na Mata Atlântica, se distanciando das áreas com espécies exóticas: eucalipto = 519 e bambu = 494 (Figura 3A).

O fato da abundância da macrofauna ter sido superior no ambiente de Mata Atlântica decorre da ausência de intervenções antrópicas diretas, aliada à composição da vegetação

diversificada, que contribui para o acúmulo de serapilheira, o que favorece um ambiente propício para a fauna de invertebrados do solo (Tessaro *et al.*, 2020), diferentemente das áreas com espécies exóticas, cujos resultados da abundância foram aproximados. Segundo Borges *et al.* (2016), quando o equilíbrio do ambiente é alterado (naturalmente ou antropicamente), a comunidade edáfica é afetada, reduzindo o número de indivíduos. Como consequência, há o favorecimento dos processos de degradação do solo (Borges *et al.*, 2016).

Já em relação à mesofauna foram contabilizados 118 indivíduos na área de bambu, 73 na Mata Atlântica e 72 no eucalipto (Figura 3A). A proporção entre os valores de abundância nas áreas está relacionada com o maior conteúdo de água do solo, sendo bambu 17,43%, Mata Atlântica 16,05% e eucalipto 14,56% (Figura 4), demonstrando que os invertebrados são sensíveis à umidade, conforme apontam Bezerra *et al.* (2022) e Dias *et al.* (2019), em pesquisa no Parque Municipal de Maceió, na qual verificaram correlação entre as variáveis temperatura e conteúdo de água do solo com a abundância da mesofauna. Segundo Souza *et al.* (2019) as alterações na umidade do solo modificam a distribuição e abundância dos insetos tanto no sentido vertical como horizontal do solo, assim como a baixa umidade afeta a fisiologia dos insetos e seu desenvolvimento, longevidade e oviposição (Coelho *et al.*, 2021).

Figura 4 - Temperatura do solo (TS) e conteúdo de água do solo (CAS) nos ambientes estudados



Fonte: autores.

Cabe destacar que a precipitação pluvial no mês da coleta (maio/2022) correspondeu a 579 milímetros (INMET, 2022b) e a temperatura do solo apresentou valores iguais nas áreas de eucalipto e bambu com 25,6 °C e, na Mata Atlântica, correspondeu a 26,0 °C. Segundo Gallo *et al.* (2002) a temperatura 25 °C é a mais adequada para o desenvolvimento dos organismos, com os limiares podendo variar entre 15 e 38 °C. Assim, quando essa

temperatura está favorável, os insetos menores são diretamente beneficiados pela fácil troca de calor com o ambiente (Rodrigues, 2004). É importante ressaltar que os organismos mais sensíveis ao calor buscam estratégias de resfriamento em áreas sombreadas, como micro habitats mais frescos (Brusca; Moore; Shuster, 2018).

A riqueza da macrofauna nas áreas de Mata Atlântica e Eucalipto foram similares, com nove grupos taxonômicos, e no bambu correspondeu a 11 (Figura 3B). Esse maior resultado foi favorecido pela umidade do solo, que nesse ambiente foi mais elevado (Figura 4).

Já a riqueza da mesofauna correspondeu a oito grupos taxonômicos na área de Mata Atlântica, cinco na área de bambu e quatro no eucalipto (Figura 3B). Esse maior resultado na área de Mata Atlântica foi atribuído ao maior equilíbrio do ambiente, uma vez que florestas nativas apresentam maior complexidade e estabilidade estrutural (Gedoz *et al.*, 2021).

ANÁLISE DE SIMILARIDADE DE BRAY-CURTIS PARA MACROFAUNA E MESOFAUNA

A análise realizada com base no índice de similaridade de Bray-Curtis indicou que as áreas são consideradas similares para a abundância e riqueza da macro e mesofauna, (Figuras 5A a 5D), uma vez que as áreas consideradas similares são as que apresentam índice de Bray-Curtis $\geq 0,5$, sendo, portanto, considerada alta.

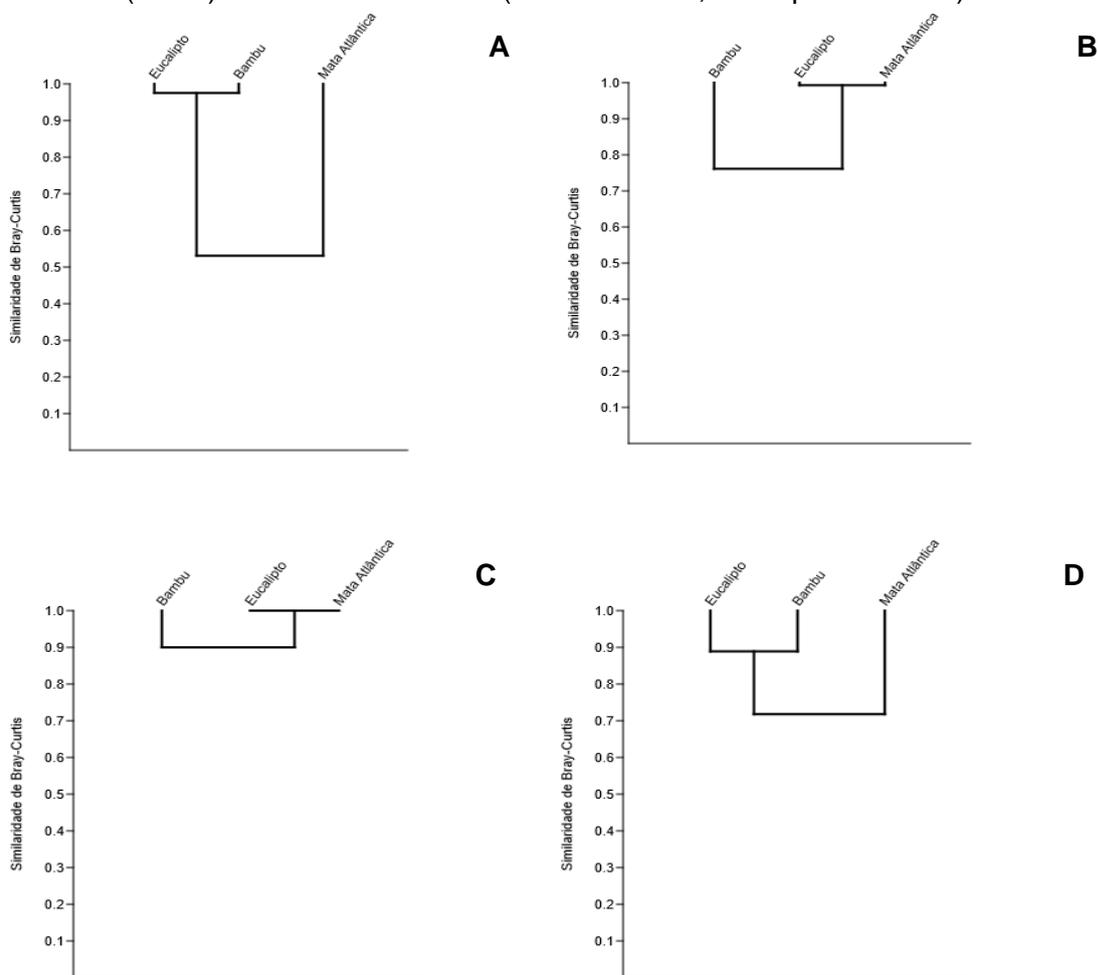
De acordo com Araujo (2010), o conjunto de fatores responsáveis pela similaridade entre áreas pode ser explicado pela sua proximidade geográfica. No entanto, cabe destacar que houve uma tendência da área de Mata Atlântica se distanciar das áreas com espécies exóticas bambu e eucalipto que foram quase similares, em relação à abundância da macrofauna (97,53%) (Figura 5A) e riqueza da mesofauna (88,89%) (Figura 5D). A similaridade mais acentuada foi verificada entre as áreas de Mata Atlântica e eucalipto com 100% de similaridade para a riqueza da macrofauna (Figura 5C) e abundância da mesofauna (99,31%) (Figura 5B).

Analisando-se o percentual de ocorrência dos grupos taxonômicos da mesofauna de invertebrados, observou-se que 90,41% dos organismos presente na Mata Atlântica se concentraram entre os grupos Acarina=58,90%; Hymenoptera=17,81% e Collembola=13,70% (Figura 6B). Nas demais áreas os organismos se concentraram em apenas dois grupos taxonômicos, sendo na área de eucalipto: Acarina=70,83%; Hymenoptera=15,28% (Figura 6D) e no bambu: Acarina=50%; Symphyla=42,37% (Figura 6F), o que demonstra o maior equilíbrio do ambiente na Mata Atlântica.

O percentual de ocorrência dos grupos taxonômicos da macrofauna indicou somente dois grupos como os mais representativos, independente das áreas, sendo Mata Atlântica: Coleoptera=85,37%; Hymenoptera=11,35% (Figura 6A), eucalipto: Coleoptera=65,13%;

Hymenoptera=24,47% (Figura 6C) e bambu: Coleoptera=53,64%; Hymenoptera=30,16% (Figura 6E).

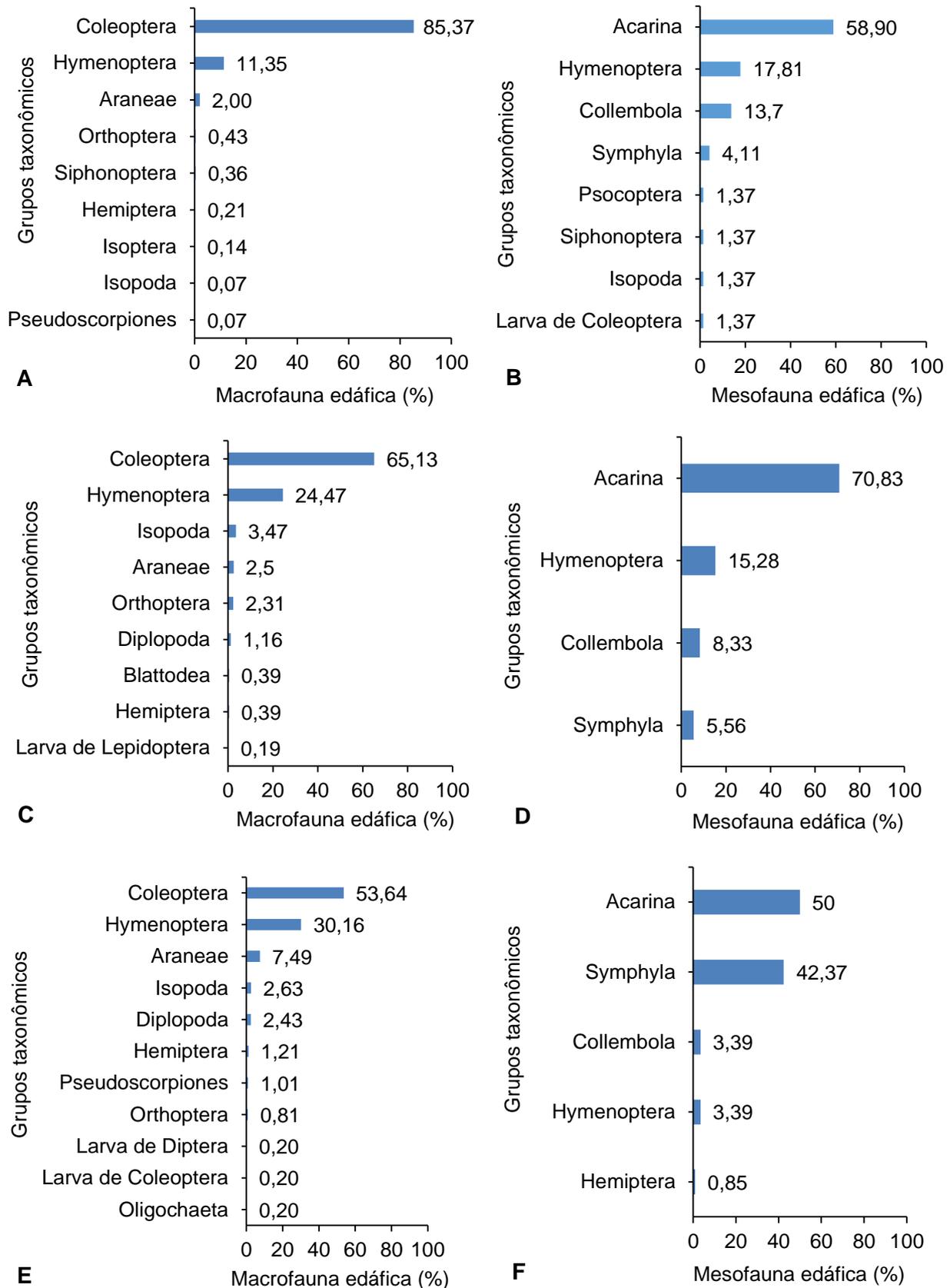
Figura 5 - Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância (A e B) e riqueza (C e D) da macro (A e C) e mesofauna (B e D) nas áreas de estudo (Mata Atlântica, eucalipto e bambu)



Fonte: autores.

A precipitação pluvial (579 milímetros) favoreceu a ocorrência do grupo Coleoptera em todos os ambientes, se sobressaindo na área de Mata Atlântica. E, segundo Cruz *et al.* (2021), em levantamento realizado em um fragmento de Mata Atlântica, na região da Baía do Aratu, em Salvador, Bahia, no período chuvoso há maior abundância de Coleoptera (34,36%), seguido de Hymenoptera (21,92%), em decorrência da variação sazonal. Conforme Brusca, Moore e Shuster (2018), os coleópteros constituem a ordem de insetos mais numerosa do mundo (380.000 espécies descritas), sendo influenciados no ciclo de vida e na distribuição, por fatores como precipitação, temperatura e umidade (GROSSI; CONTE, 2016), considerados indicadores de qualidade ambiental em sistemas florestais (LEÃO, 2018).

Figura 6 - Percentual da macro (A, C e E) e da mesofauna (B, D e F) invertibrada do solo nos ambientes estudados: Mata Atlântica (A e B), eucalipto (C e D) e bambu (E e F)



Fonte: autores.

Os índices de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou para a macrofauna apontaram que independente da área, os grupos Coleoptera e Hymenoptera são os mais dominantes e menos uniformes, destacando-se na Mata Atlântica Coleoptera $H=0,07$; $e=0,02$ e Hymenoptera $H=0,95$; $e=0,30$ (Figura 7A), na área de eucalipto: $H=0,19$; $e=0,07$ e $H=0,61$; $e=0,23$ (Figura 7B) e no bambu $H=0,27$; $e=0,10$ e $H=0,52$; $e=0,19$, respectivamente (Figura 7C).

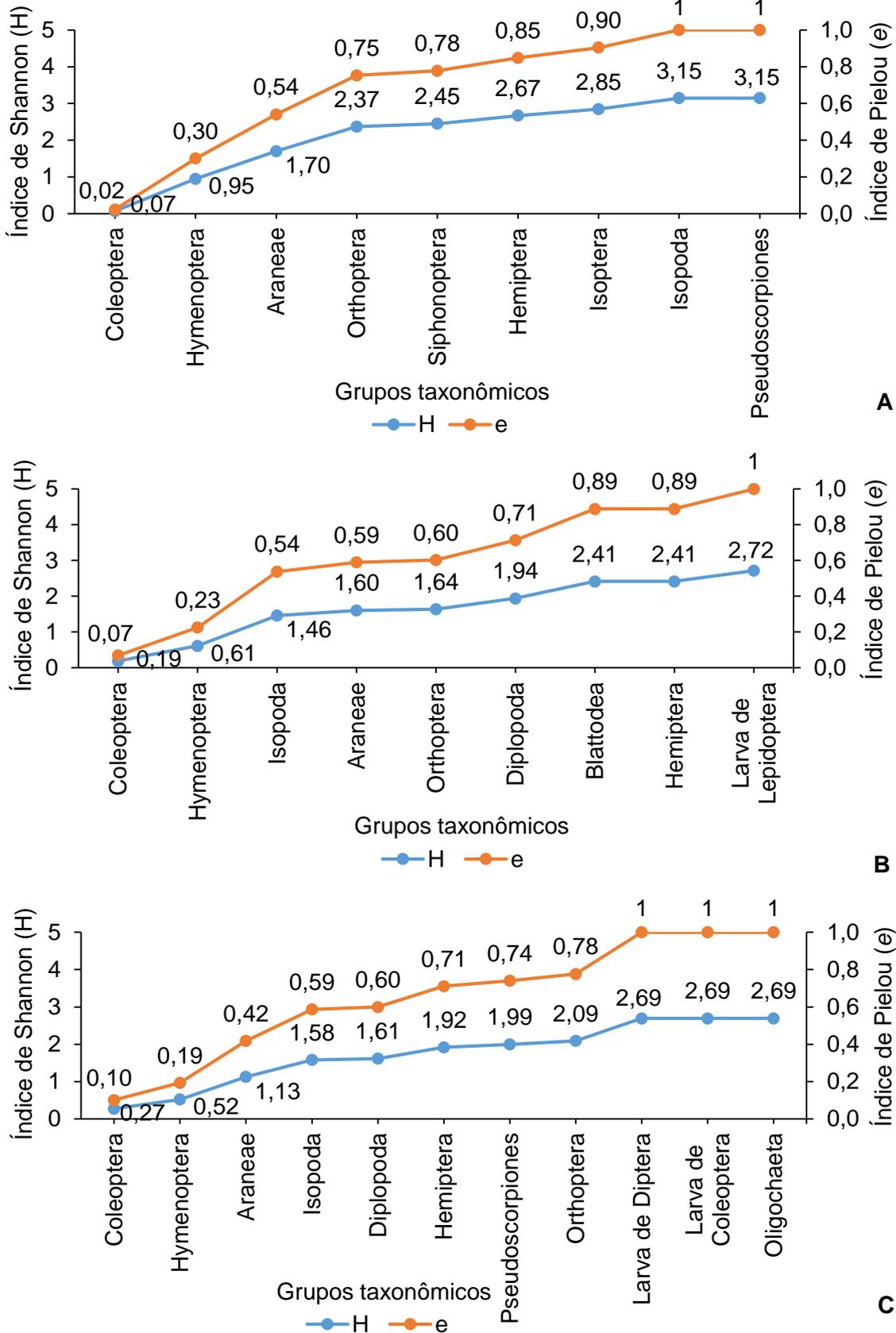
Na pesquisa realizada em dois fragmentos florestais (urbano e não-urbano) no município de Criciúma e Siderópolis, Santa Catarina, Furlanetto (2013) observou Coleoptera como o grupo dominante ($H=0,35$; $e=0,08$) no acumulado das duas áreas, representando 45% dos organismos encontrados, devido à heterogeneidade da composição vegetal e a diversidade na oferta de serapilheira. Os indivíduos desse grupo ocupam micro-habitats da vegetação e tecido vegetal vivo ou morto, em seus mais variados estágios de decomposição (GULLAN; CRANSTON, 2017).

Os índices ecológicos (Shannon e Pielou) aplicados a mesofauna confirmam que Acarina ($H=0,23$; $e=0,12$), Hymenoptera ($H=0,75$; $e=0,40$) e Collembola ($H=0,86$; $e=0,46$) são os grupos com menor diversidade e uniformidade no ambiente de Mata Atlântica (Figura 8A). Na área de eucalipto, destacaram-se Acarina ($H=0,15$; $e=0,08$) e Hymenoptera ($H=0,82$; $e=0,44$) (Figura 8B) e no bambu Acarina ($H=0,30$; $e=0,15$) e Symphyla ($H=0,37$; $e=0,18$) (Figura 8C).

Em estudo no Parque Municipal de Maceió, Calheiros *et al.* (2019) encontraram maior dominância e menor uniformidade para o grupo Acarina ($H= 0,05$; $e=0,03$), onde foi relacionado o conteúdo de água do solo com a diversidade de organismos da mesofauna, tendo sido uma variável determinante para a abundância dos organismos, pois quando houve queda no número de indivíduos, houve também queda no seu percentual.

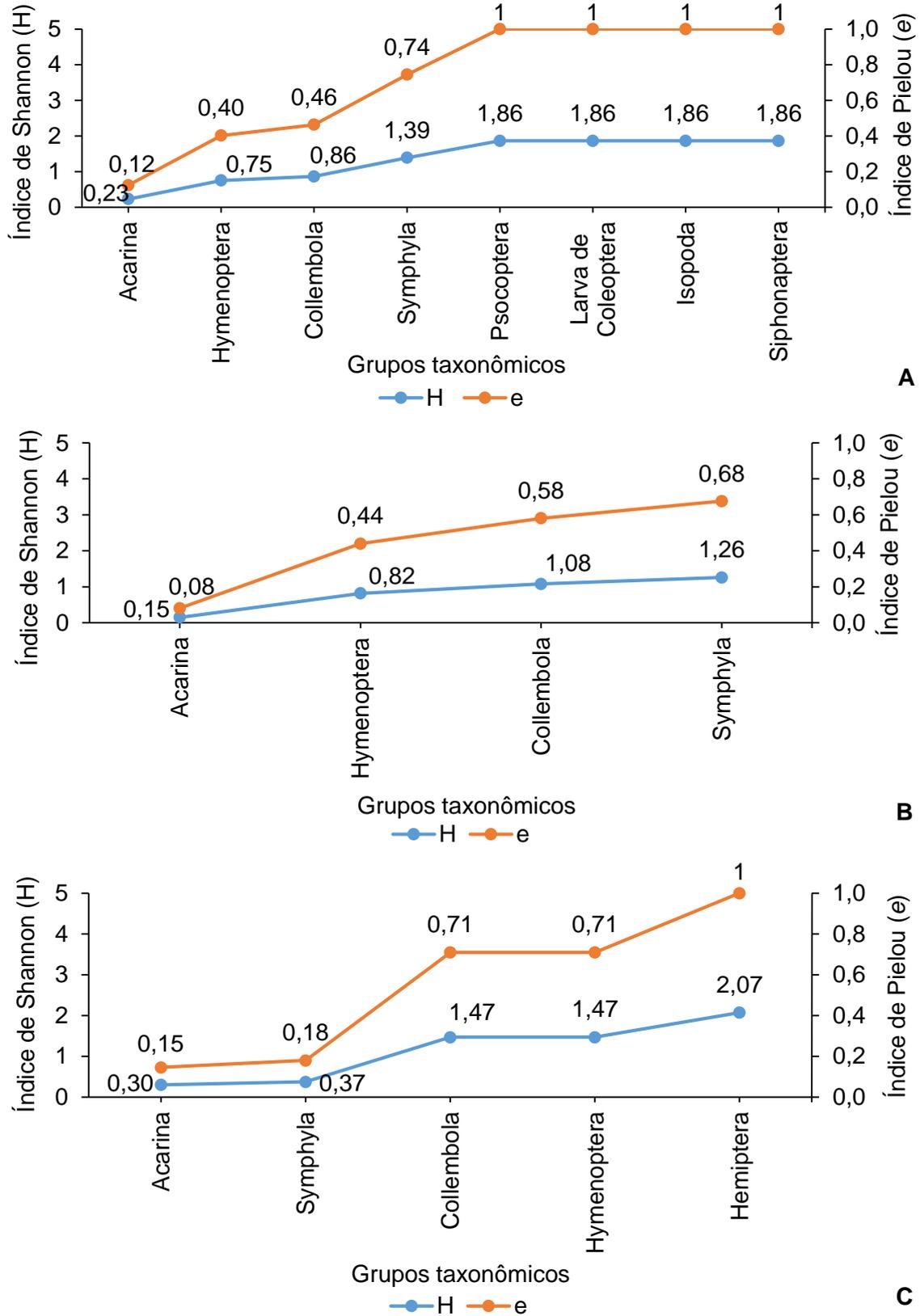
Neste estudo, realizado no Parque do Horto, foi constatado que o ambiente de Mata Atlântica apresenta as melhores condições em termos de hábitat, como espessa e diversa camada de material vegetal para os invertebrados da macrofauna e mesofauna, e menor impacto antrópico, quando comparado com os ambientes de *Eucalyptus* sp. e *Bambusa vulgaris*. Desse modo, a fauna de invertebrados, por se tratar de indivíduos sensíveis a alterações na camada superficial, de 0-10 centímetros de profundidade, na interface solo-serapilheira, demonstrou ser um bom indicador de qualidade do solo, já que sua presença reflete as condições do ambiente. Batista Filho *et al.* (2014) elucidam que a redução de ambientes de florestas nativas, motivada pela ação antrópica, impacta os invertebrados do solo. Outro fator que altera a fauna do solo é a introdução de espécies exóticas, conforme apontam Calheiros *et al.* (2022).

Figura 7 - Índices de Shannon (H) e Pielou (e) da macrofauna invertebrada do solo nos ambientes estudados: Mata Atlântica (A), eucalipto (B) e bambu (C)



Fonte: autores.

Figura 8 - Índices de Shannon (H) e Pielou (e) da mesofauna invertebrada do solo nos ambientes estudados: Mata Atlântica (A), eucalipto (B) e bambu (C)



Fonte: autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis edafoclimáticas precipitação pluvial e conteúdo de água do solo influenciou a abundância e riqueza dos grupos taxonômicos da macro e mesofauna invertebrada do solo nas três áreas estudadas.

O grupo taxonômico mais dominante independente das áreas foi Coleoptera (macrofauna) favorecido pela precipitação pluvial e Acarina (mesofauna) também influenciado pela precipitação, assim como pelo conteúdo de água do solo. Essa dominância dos grupos Coleoptera e Acarina foram comprovados pelos menores valores dos índices ecológicos (Shannon e Pielou). A análise de Bray-Curtis apontou alta similaridade entre as áreas para a abundância e riqueza da macro e mesofauna de invertebrados edáficos.

Em virtude dos organismos da macro e mesofauna serem sensíveis as alterações antrópicas, recomenda-se a inclusão de estudos sobre a fauna invertebrada do solo em parques urbanos, APPs e demais áreas protegidas pela legislação ambiental brasileira, com intuito de fornecer informações aos gestores para a tomada de decisões sobre ações mitigadoras e de preservação dos fragmentos de mata nativa.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS em dados. **Perfil dos municípios alagoanos**. Maceió, 2021. Disponível em: <https://dados.al.gov.br>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, Jan. 2014.

ALVES, Maria Cidínia Silva; ALMEIDA, Delma Holanda de. Identificação da meso e macrofauna edáfica na Reserva Estância São Luiz e uma área sob o cultivo de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*). **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 5, n. 3, p. 1671-1690, 2020.

AMARAL, Atanásio Alves do; SANTOS, Gustavo Macedo dos. Artrópodes do solo em áreas antrópicas com diferentes coberturas vegetais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 62-71, nov. 2015.

ANDRADE, Esdras de Lima; CALHEIROS, Silvana Quintella Cavalcanti. Incongruência de uso de solo em relação ao turismo de sol e mar no município de Maceió. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 1, n. 1, p. 49-63, jul. 2016.

ARAUJO, Kallianna Dantas. **Análise da vegetação e organismos edáficos em áreas de caatinga sob pastejo e aspectos socioeconômicos e ambientes de São João do Cariri – PB**. 2010. 166 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

BARBOSA, Edilane Ribeiro; RIOS, Petrucio Alexandre Fonseca. Cobertura original, cobertura atual e unidades de conservação da Mata Atlântica alagoana. *In*: MOURA, Flávia de Barros Prado (org.). **A Mata Atlântica em Alagoas**. Maceió: EDUFAL, 2006. p. 29-33.

BATISTA FILHO, Antonio *et al.* **Planeta inseto**. São Paulo: Instituto Biológico, 2014.

BEGON, Michael; HARPER, John Lander; TOWNSEND, Colin Richard. **Ecology**: individuals, population and communities. Oxford: Blackwell Science, 1996.

BEZERRA, Jelluciana Marcolino *et al.* Fauna invertebrada do solo em fragmento florestal urbano em Maceió, Alagoas. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 44, p. 194-214, jan./abr. 2022.

BORGES, César Henrique Alves *et al.* Artrópodes edáficos em fragmentos de floresta ombrófila aberta na Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 2, p. 26-32, abr./jun. 2016.

BRASIL. Decreto nº 1.709, de 20 de novembro de 1995. Declara de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação autóctone situadas no imóvel que menciona. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 nov. 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BROWN, George Gardner *et al.* Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. *In*: PARRON, Lucília Maria *et al.* (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 121-154.

BRUSCA, Richard C.; MOORE, Wendy; SHUSTER, Stephen M. **Invertebrados**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

CALHEIROS, Acácia Rodrigues *et al.* Espécie invasora de bambu e seus impactos sobre a qualidade do solo. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 13, n. 6, p. 63-73, jun. 2022.

CALHEIROS, Acácia Rodrigues. **Impacto ambiental do Bambuzal sobre um fragmento de Mata Atlântica em Maceió - Alagoas**. 2020. Dissertação (Mestrado em Análise de Sistemas Ambientais) – Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2020.

CALHEIROS, Acácia Rodrigues *et al.* Relação da umidade do solo com a diversidade de organismos da mesofauna edáfica, Alagoas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 6, p. 1924-1929, out./dez. 2019.

CLARKE, Kenneth Robert; GORLEY, Raymond N. **PRIMER v7**: user manual/tutorial. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 2015.

COELHO, Micaela Silva *et al.* Ecologia, monitoramento populacional e análise faunística de insetos: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 14, n. 9, p. 82-88, set. 2021.

CRUZ, Leandro Pereira da *et al.* Variação temporal dos artrópodes de serapilheira de um pequeno fragmento de Mata Atlântica. *In*: SEMANA DE MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA, 24., 2021, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Universidade Católica do Salvador, 2021. p. 1-8.

DIAS, Delane dos Santos *et al.* Mesofauna invertebrada na interface solo + serapilheira, em Maceió, Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 4, p. 1-6, set. 2019. Suplemento.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento agroecológico do Estado de Alagoas**: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Alagoas. Recife: Embrapa Solos, 2012.

FRANCO, Regiane. **Fauna edáfica sob modelos em estágio inicial de restauração de floresta subtropical**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

FURLANETTO, Camila Brulezi. **Comunidade de insetos em dois fragmentos (urbano e não-urbano) da Mata Atlântica no sul de Santa Catarina**. 2013. Trabalho de Conclusão

de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Centro de Humanidades, Ciência e Educação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2013.

GALLO, Domingos *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2002.

GEDOZ, Milena *et al.* Edaphic invertebrates as indicators of soil integrity quality. **Floresta e ambiente**. Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 1-10, jan. 2021.

GIRACCA, Ecila Maria Nunes *et al.* Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia de Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 257-261, jul./set. 2003.

GROSSI, Luiz Eduardo; CONTE, Hélio. Família de Coleoptera com ocorrência no Parque Ingá, Maringá, Paraná – Brasil. **Revista Uningá**, Maringá, v. 47, p. 12-16, jan./mar. 2016.

GULLAN, Penelope J.; CRANSTON, Peter S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. Rio de Janeiro: Roca, 2017.

HALABURA, Vilmar Vinicius; HAIDUK, Fernanda Maria. Avaliação da fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo, sob diferentes condições de cultivo, no Planalto Norte de Santa Catarina. *In*: SOUSA, Carla da Silva; SABIONI, Sayonara Cotrim; LIMA, Francisco de Sousa (org.). **Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável**. Guarujá: Científica Digital, 2021. p. 73-79.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1991-2020**. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 24 ago. 2022a.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Tempo**. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 24 ago. 2022b.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 16 jul. 2021.

LEÃO, Amanda Farias. **Diversidade de coleópteros em sistemas florestais no município de Curitiba, SC**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2018.

LIMA, Bianor Monteiro. **Áreas de proteção permanente - APPs em Maceió: do ideário conservacionista aos usos socioambientais das zonas de interesses ambiental e paisagístico**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

LOPES, Sérgio de Faria; VALE, Vagner Santiago do; SCHIAVINI, Ivan. Efeito de queimadas sobre a estrutura e composição da comunidade vegetal lenhosa do cerrado sentido restrito em Caldas Novas, GO. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, p. 695-704, maio 2009.

MITTERMEIER, Russell Alan *et al.* **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered Terrestrial ecoregions**. Mexico City: CEMEX, 2004.

MYERS, Norman *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Oxford, v. 403, n. 6772, p. 853-858, Feb. 2000.

NASCIMENTO, Shirley Grazieli da Silva *et al.* Diversidade de organismos edáficos em campo natural e olericultura em Dom Pedrito, Município Situado no Bioma Pampa. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 1-11, maio 2022.

OLIVEIRA FILHO, Luís Carlos Luñes de *et al.* Fauna edáfica em ecossistemas florestais. *In*: FORTES, Nara Lucia Perondi; FORTES NETO, Paulo. (org.). **Ciências ambientais**. Taubaté: UNITAU, 2018. p. 10-48.

PARAHYBA, Roberto da Boa Viagem *et al.* Solos do município de Maceió-AL. *In*: **ENCONTRO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA NO CONTEXTO**

- DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS, 1., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. p. 1-4.
- PELL, Murray C.; FINLAYSON, Brain L.; MCMAHON, Thomas A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, Victoria, v. 11, n. 5, p. 1666-1644, oct. 2007.
- PIELOU, Evelyn Chrystalla. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1977.
- PINTO, Luiz Paulo; HIROTA, Marcia. **30 anos de conservação do Hotspot de Biodiversidade da Mata Atlântica: desafios, avanços e um olhar para o futuro**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2022.
- PRESTES, Rosi Maria; VINCENCI, Kelin Luiza. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José dos Pinhais, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, set. 2019.
- RODRIGUES, William Costa. **Distância de Bray-Curtis**. [S. l.]: AntSoft Systems On Demand, 2022. Disponível em: www.dives.ebras.bio.br. Acesso em: 2 set. 2022.
- RODRIGUES, William Costa. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, Rio de Janeiro, v.1, n. 4, p. 1-4, out. 2004.
- SANTOS, Geovânia Ricardo dos. Invertebrados da macrofauna e mesofauna do solo em ambiente de caatinga arbóreo-arbustiva, em Santana do Ipanema, Semiárido Alagoano. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. especial, p. 894-903, out. 2016.
- SANTOS, Joana Farias dos; SILVA, Jeane Vieira. Dispersão, distribuição espacial e potencial de dominância da *Acacia Mangium Willd.* em remanescentes de Mata Atlântica no distrito de Helvecia, Bahia. **Revista Mosaicum**, Teixeira de Freitas, v. 16, n. 31, p. 81-95, jan./jun. 2020.
- SARTORELLI, Paolo Alessandro Rodrigues *et al.* **Guia de plantas não desejáveis na restauração florestal**. São Paulo: Agroicone, 2018.
- SILVEIRA, Paulo Henrique do Nascimento. **Macrofauna edáfica como bioindicadora de qualidade de solo com diferentes tipos de uso**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.
- SOUSA, Leonardo Vieira de *et al.* Levantamento de espécies de cobertura vegetal nativas e exóticas encontradas no campus oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n. 5, p. 70-75, dez. 2015.
- SOUZA, Mayara Andrade *et al.* Organismos da mesofauna do solo em fragmento de Mata Atlântica. In: ONE, Giselle Medeiros da Costa; ALBUQUERQUE, Helder Neves de. (org.). **Meio ambiente: uma visão interativa**. João Pessoa: Instituto Medeiros de Educação Avançada, 2019. p. 82-99.
- SPERBER, Carlos Frankl; VIEIRA, Gustavo Henrique; MENDES, Moisés Henrique. Improving litter cricket (Orthoptera: Gryllidae) sampling with pitfall traps. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 733-735, out./dez. 2003.
- SPILLER, Márcia Soares; SPILLER, Claiton; GARLET, Juliana. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 12, n. 1, p. 41-57, mar. 2018.
- SWIFT, Michael John; HEAL, O. W.; ANDERSON, Jonathan Michael. **Decomposition in terrestrial ecosystems: studies in ecology**. Oxford: Blackwell Scientific, 1979. v. 5.
- TEDESCO, Marino José *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. (Boletim técnico).

TESSARO, Dinéia *et al.* Decomposition of litter and diversity of epiedaphic fauna in a fragment of Mixed Ombrophilous Forest. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 11, p. 1-17, oct. 2020.

TRIPLEHORN, Charles A.; JOHNSON, Norman F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

Recebido: março de 2023.

Aceito: junho de 2023.