



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

RENATO WILIAN SANTOS DE LIMA

***Bambusa vulgaris* E *Eucalyptus* sp. EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA:
IMPACTOS NA BIODIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS E QUALIDADE
DO SOLO**

Maceió, Alagoas

2024

RENATO WILIAN SANTOS DE LIMA

***Bambusa vulgaris* E *Eucalyptus* sp. EM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA:
IMPACTOS NA BIODIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS E QUALIDADE
DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas.

Orientadora: Profa. Dra. Kallianna Dantas Araujo

Maceió, Alagoas

2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

L732b Lima, Renato Wilian Santos de.
Bambusa vulgaris e *Eucalyptus* sp. em fragmento de Mata Atlântica: impactos na biodiversidade de invertebrados e qualidade do solo/Renato Wilian Santos de Lima. – 2024.
152 f.: il. color.

Orientadora: Kallianna Dantas Araujo.
Coorientadora: Ana Paula Lopes da Silva.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente. Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 132-152.

1. Invertebrados. 2. Espécies exóticas. 3. Variáveis edafoclimáticas. 4. Solos - Atributos. 5. Parque do Horto (Maceió, AL). I. Título.

CDU: 911.2:591.113(813.5)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR



RENATO WILIAN SANTOS DE LIMA, nascido em 23 de setembro de 1997, na cidade de Maceió-Alagoas, filho de Rogério Correia de Lima e Maria de Fátima dos Santos. Concluiu o Ensino Fundamental e Médio na Escola Estadual Onélia Campelo, em Maceió-Alagoas. Em 2017 ingressou na Graduação em Geografia Licenciatura, pela Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, no qual foi bolsista (UFAL) de iniciação científica (PIBIC) no ciclo 2018-2019. Concluindo a graduação no primeiro semestre de 2021. Em 2022 ingressou no Mestrado em Geografia, da Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, na área Dinâmica Socioambiental e Geoprocessamento, com conclusão no primeiro semestre de 2024.

Ao bom Deus feito homem, Jesus Cristo.
Ofereço

A minha mãe, Maria de Fátima, pelo incentivo e carinho, aos meus irmãos, Rosane, Renildo e Aline, aos meus avós, Rosa (*in memoriam*) e Augusto (*in memoriam*) e a toda a minha família, por toda ajuda e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Santíssima Virgem Maria por todas as graças concedidas.

A minha família, especialmente minha mãe, Maria de Fátima dos Santos, meus irmãos Rosane Carla Santos de Lima, Renildo Luan Santos de Lima e Aline Maria dos Santos por serem meu porto seguro em todos os momentos. Ao meu tio Antônio Alves da Silva e minha prima Ângela Marinho da Silva por todo incentivo e apoio.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para realização desse estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente e seu corpo docente por todo apoio.

Ao Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDema) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) por toda minha formação profissional desde a Graduação em Geografia (Licenciatura).

A coordenadora de Áreas, Parques e Hortos de Maceió, Rafaela Pereira Brito pela pronta disponibilidade em ceder o espaço do Parque do Horto de Maceió para primeira coleta de dados em maio de 2022. Ao superintendente do IBAMA, Rivaldo Couto dos Santos Júnior. E ao SISBIO (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade) do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) pela autorização concedida de coleta de dados em maio e outubro de 2023 no Parque do Horto de Maceió para finalidade científica.

Ao professor Kedes Paulo Pereira e ao Laboratório de Nutrição Animal (LABNUTRI/CECA/UFAL) pelas análises de Celulose, Hemicelulose e Lignina do material foliar e serapilheira. Ao Prof. Dr. Gilson Moura Filho e a Profa. Dra. Leila Cruz da Silva Calheiros do Laboratório de Solo, Água e Planta (LABSAP/CECA/UFAL) pelas análises químicas do material foliar e serapilheira.

A minha orientadora, Profa. Dra. Kallianna Dantas Araujo pela oportunidade de integrar o Grupo de Pesquisa Biogeografia e Sustentabilidade Ambiental do Laboratório de Ecogeografia e Sustentabilidade Ambiental-LABESA, pelos conhecimentos passados, incentivo, a disponibilidade para as idas ao campo, as inúmeras correções de trabalhos e pela paciência comigo durante toda minha vida acadêmica.

Ao Prof. Dr. Jorge Luiz coordenador do Museu de História Natural da UFAL e a minha coorientadora, Profa. Dra. Ana Paula Lopes da Silva pela análise de morfoscopia realizadas no Laboratório de Geologia, assim como pelas sugestões de bibliografias, correções do trabalho e pronta disponibilidade para tirar dúvidas.

A banca, composta pela Profa. Dra. Nivaneide de Melo Falcão e o Prof. Dr. João Gomes da Costa por aceitarem o convite e por apresentarem sugestões para melhorar o trabalho, e as contribuições da Profa. Dra. Mayara Andrade Souza na minha qualificação.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa Biogeografia e Sustentabilidade Ambiental e ao LabESA/IGDema/UFAL por todo apoio desde o PIBIC (2018-2019), TCC e agora no mestrado, notadamente onde foram realizadas as análises da macrofauna, mesofauna, serapilheira, herbivoria e determinação do Conteúdo de Água do Solo.

Aos meus amigos do LabESA, Radjalma Almerino dos Santos, João Pedro da Silva Santos, Wellington dos Santos Graciliano, Jeilson Rodrigues da Silva Junior pelo auxílio no campo e laboratório. A Erika Ferreira da Silva pela ajuda na triagem da serapilheira e Thamirys Modesto Souza Silva pelo auxílio com as análises da herbivoria. Agradeço também a Élide Monique da Costa Santos Cardoso pela ajuda com a análise estatística. Bem como, aos colegas estagiários do LabESA Igor Max de Lima Santos e Roberta Agta Nunes Barbosa pela ajuda em campo e em laboratório.

Obrigado!

Somos o que fazemos para mudar o que fomos.
Mas se nada somos, virão apenas velhos outonos.

(Guilherme de Sá)

RESUMO

A Mata Atlântica se destaca pela ampla biodiversidade da fauna e flora, no entanto vem sendo impactada pela introdução de espécies exóticas como bambu e eucalipto e outras facilmente encontrados em Parques Urbanos, que podem alterar a qualidade do solo e serapilheira, e conseqüentemente a biota de invertebrados. Objetivou-se avaliar quais impactos a introdução de espécies exóticas *Bambusa vulgaris* e *Eucalyptus* sp. têm provocado na biodiversidade de invertebrados e qualidade do solo em fragmento de Mata Atlântica. A pesquisa foi realizada no Parque do Horto de Maceió, em três áreas: Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu, em 10 pontos amostrados por ambiente, nos meses: maio/2022, maio e outubro/2023. Para quantificar a taxa e intensidade do dano causado pelos herbívoros invertebrados nas espécies *Paubrasilia echinata* (Mata Atlântica), *Eucalyptus* sp. e *B. vulgaris* foram coletadas aleatoriamente folhas de 10 matrizes. No levantamento da macrofauna aérea e do solo foram utilizadas armadilhas Provid e para mesofauna foi coletada amostras de solo+serapilheira com anéis metálicos (diâmetro=4,8 cm; altura=5 cm) na profundidade 0-5 cm e utilizado o método de extratores Berlese-Tullgren. Para quantificação do acúmulo de serapilheira utilizou-se moldura de ferro (0,5x0,5 m) e foi feita triagem do material, secagem em estufa, pesagem e amostrados os invertebrados. Foram coletadas amostras de solo para determinação dos parâmetros físicos e químicos e foi feita análise química do material vegetal e da serapilheira (Lignina, Celulose e Hemicelulose, C, N, P, K, Mg e relação C:N) e levantados os fatores edafoclimáticos (Conteúdo de Água do Solo-CAS, Temperatura do Solo-TS e Precipitação Pluvial-PP). Para os invertebrados quantificou-se abundância, riqueza, diversidade de Shannon (H) e uniformidade de Pielou (*e*). Todos os dados foram submetidos a análise estatística. Os resultados apontam que os herbívoros invertebrados, causaram maior dano nas folhas de *P. echinata*, por ser mais palatável devido a concentração de N e menor relação C:N, sendo mais consumida pelos sugadores; A macrofauna aérea e da serapilheira e a mesofauna foram impactadas pela presença das espécies vegetais exóticas, com a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade homogênea entre as áreas, devido a adaptação dos invertebrados aos ambientes, favorecidos pelos maiores parâmetros físicos do solo (CC e AD) e químicos (MOT, P, Na, K, Ca, Mg, SB e V), resultando em local favorável para o seu estabelecimento; A análise de Bray-Curtis apontou alta similaridade entre as áreas para a abundância da macrofauna do solo, aérea e da serapilheira; O maior acúmulo de serapilheira na área de Mata, decorre da heterogeneidade das espécies vegetais e menores teores do N, P, K, alta relação C:N e concentração de lignina, menos atrativo aos organismos decompositores, resultando no acumulado no solo; A PP influenciou a herbivoria e a macrofauna (aérea e edáfica); O CAS favoreceu a macrofauna aérea, os invertebrados da serapilheira e a mesofauna. E a TS influenciou o acúmulo de serapilheira; Pelo Diagrama de Shepard nas áreas predominaram a classe textural areia, com intercalações de argila+silte e presença de matéria orgânica, constatado na análise morfoscópica que o material foi introduzido recentemente no ciclo sedimentar.

Palavras-chave: Fauna invertebrada do solo. Espécies exóticas. Variáveis edafoclimáticas. Atributos do solo. Parque do Horto.

ABSTRACT

The Atlantic Forest stands out for its wide biodiversity of fauna and flora, however it has been impacted by the introduction of exotic species such as bamboo and eucalyptus, easily found in Urban Parks, which can alter the quality of the soil and litter, and consequently the invertebrate biota. The objective was to evaluate the impacts of the introduction of exotic species *Bambusa vulgaris* and *Eucalyptus* sp. have affected the biodiversity of invertebrates and soil quality in a fragment of the Atlantic Forest. The research was carried out in Parque do Horto de Maceió, in three areas: Atlantic Forest, Eucalyptus and Bamboo, in 10 sampled points per environment, in the months: May/2022, May and October/2023. To quantify the rate and intensity of damage caused by invertebrate herbivores in the species *Paubrasilia echinata* (Atlantic Forest), *Eucalyptus* sp. and *B. vulgaris* leaves were randomly collected from 10 matrices. Provid traps were used to survey aerial and soil macrofauna. For mesofauna, soil+litter samples were collected with metal rings (diameter=4.8 cm; height=5 cm) at a depth of 0-5 cm and the Berlese-Tullgren extractor method was used. To quantify the accumulation of litter, an iron frame (0.5x0.5 m) was used and the material was sorted, dried in an oven, weighed and the invertebrates were sampled. Soil samples were collected to determine physical and chemical parameters. A chemical analysis of the plant material and litter was carried out (Lignin, Cellulose and Hemicellulose, C, N, P, K, Mg and C:N ratio) and the edaphoclimatic factors (Soil Water Content-SWC, Soil Temperature-ST and Rainfall-R). For invertebrates, abundance, richness, Shannon diversity (H) and Pielou uniformity (*e*) were quantified. All data were subjected to statistical analysis. The results indicate that invertebrate herbivores caused greater damage to *P. echinata* leaves, as it is more palatable due to the concentration of N and lower C:N ratio, being more consumed by suckers; The aerial and litter macrofauna and the mesofauna were impacted by the presence of exotic plant species, with homogeneous abundance, richness, diversity and uniformity between areas, due to the adaptation of invertebrates to the environments, favored by the greater physical parameters of the soil (CC and AD) and chemicals (MOT, P, Na, K, Ca, Mg, SB and V), resulting in a favorable location for their establishment; The Bray-Curtis analysis showed high similarity between the areas for the abundance of soil, aerial and litter macrofauna; The greater accumulation of litter in the Forest area is due to the heterogeneity of plant species and lower levels of N, P, K, high C:N ratio and lignin concentration, less attractive to decomposer organisms, resulting in accumulation in the soil; R influenced herbivory and macrofauna (aerial and soil); SWC favored aerial macrofauna, litter invertebrates and mesofauna. And ST influenced litter accumulation; According to the Shepard Diagram, the textural class sand predominated in the areas, with intercalations of clay+silt and the presence of organic matter. It was found in the morphoscopic analysis that the material was recently introduced into the sedimentary cycle.

Keywords: Soil invertebrate fauna. Exotic species. Edaphoclimatic variables. Soil attributes. Horto Park.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização do Parque do Horto, Maceió, Alagoas.....	27
Figura 2.	Ambientes estudados: Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).....	29
Figura 3.	Coleta de galhos com folhas das espécies (A), realização de sorteio das folhas a serem digitalizadas (B), digitalização das folhas na Impressora Multifuncional HP (C) e folhas digitalizadas (D).....	31
Figura 4.	Instalação das armadilhas (A), lavagem do material (B) e contagem dos organismos (C) da macrofauna aérea.....	32
Figura 5.	Instalação das armadilhas (A), lavagem do material (B) e contagem dos organismos (C) da macrofauna edáfica.....	33
Figura 6.	Coleta de amostras do solo com os anéis metálicos.....	34
Figura 7.	Bateria de extrator Berlese-Tullgren modificada (A) e identificação dos organismos em lupa binocular (B) e organismo da mesofauna (C).....	35
Figura 8.	Coleta (A), triagem das frações (B), secagem (C) e pesagem (D).....	36
Figura 9.	Folhas (A), galhos (B), estrutura reprodutiva (C) e miscelânea (D).....	37
Figura 10.	Coleta de amostras de solo.....	40
Figura 11.	Coleta das amostras de solo (A), pesagem em balança analítica (B) e secagem das amostras de solo em estufa sem circulação de ar (C).....	41
Figura 12.	Medição da temperatura do solo (A) e painel da estação meteorológica (B) do LabESA/IGDema/UFAL.....	41
Figura 13.	Folhas de Pau-brasil (Mata Atlântica) (A, B, C e D) consumida por herbívoros invertebrados: mastigador (A), sugador (B), minador (C) e raspador (D).....	45
Figura 14.	Folhas Eucalipto (A, B e C) consumida por herbívoros invertebrados: mastigador (A), sugador (B) e minador (C).....	46
Figura 15.	Folhas de Bambu (A, B e C) consumida por herbívoros invertebrados: mastigador (A), sugador (B) e minador (C).....	47
Figura 16.	Estimativas de correlação de Spearman com relação a Taxa de Herbivoria (TH) e Índice de Herbivoria (IH) com a composição química foliar e a precipitação pluvial na espécie Pau-brasil (Mata Atlântica).....	59
Figura 17.	Estimativas de correlação de Spearman com relação a Taxa de Herbivoria (TH) e Índice de Herbivoria (IH) com a composição química foliar e a precipitação pluvial na espécie Eucalipto.....	60
Figura 18.	Estimativas de correlação de Spearman com relação a Taxa de Herbivoria (TH) e Índice de Herbivoria (IH) com a composição química foliar e a precipitação pluvial na espécie Bambu.....	61
Figura 19.	Organismos invertebrados da macrofauna aérea.....	62
Figura 20.	Riqueza da macrofauna aérea nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representadas pelo Diagrama de Venn.....	63
Figura 21.	Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância da macrofauna aérea nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).....	64
Figura 22.	Organismos da macrofauna edáfica.....	70
Figura 23.	Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância da macrofauna edáfica nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).....	72
Figura 24.	Riqueza da macrofauna edáfica nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representado pelo Diagrama de Venn.....	72

Figura 25.	Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância (A e B) da macrofauna da serapilheira nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).....	80
Figura 26.	Riqueza da macrofauna da serapilheira nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representados pelo Diagrama de Venn.....	81
Figura 27.	Lixo encontrado no ambiente de Bambu: anilha de concreto (A), lata de refrigerante (B), lixeira (C), prato de isopor e sacola de plástico (D).....	84
Figura 28.	Organismos invertebrados da mesofauna do solo.....	89
Figura 29.	Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância da mesofauna nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).....	91
Figura 30.	Riqueza da mesofauna nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representados pelo Diagrama de Venn.....	92
Figura 31.	Fração folhas das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).....	99
Figura 32.	Fração galhos das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).....	100
Figura 33.	Fração estrutura reprodutiva das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).....	102
Figura 34.	Fração miscelânea das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).....	103
Figura 35.	Distribuição Faciológica segundo o diagrama de Shepard (1954) das áreas de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	113
Figura 36.	Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna na Mata Atlântica.....	118
Figura 37.	Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e a mesofauna no Eucalipto.....	119
Figura 38.	Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna no Bambu.....	120

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1.	Composição química foliar.....	53
Tabela 2.	Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para a Herbivoria e composição química foliar para áreas e meses.....	55
Tabela 3.	Post-hoc de Dunn para Herbivoria e composição química foliar em relação as áreas.....	56
Tabela 4.	Post-hoc de Dunn para Herbivoria e composição química foliar em relação aos meses.....	57
Tabela 5.	Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para a macrofauna aérea.....	69
Tabela 6.	Post-hoc de Dunn para macrofauna aérea, em relação as áreas e meses.....	69
Tabela 7.	Testes de Kruskal-Wallis para a macrofauna edáfica por área e meses.....	77
Tabela 8.	Post-hoc de Dunn para a macrofauna edáfica em relação as áreas e meses.....	77
Tabela 9.	Comparações múltiplas da abundância da macrofauna edáfica pelo método Family Wise Error Rate (FWER).....	78
Tabela 10.	Testes de Kruskal-Wallis para a macrofauna da serapilheira por área e meses.....	87
Tabela 11.	Post-hoc de Dunn para a macrofauna da serapilheira em relação as áreas e meses.....	87
Tabela 12.	Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis edafoclimáticas.....	88

Tabela 13.	Post-hoc de Dunn para as variáveis edafoclimáticas em relação as áreas e meses.....	88
Tabela 14.	Kruskal-Wallis para a mesofauna edáfica por área e meses.....	96
Tabela 15.	Post-hoc de Dunn para a mesofauna edáfica em relação as áreas e meses.....	96
Tabela 16.	Acúmulo de serapilheira (Kg ha ⁻¹) para as Áreas I (Mata Atlântica), II (Eucalipto) e III (Bambu).....	97
Tabela 17.	Valores médios das frações folha (FOL), galho (GAL), estrutura reprodutiva (ER) e miscelânea (MIS) (kg ha ⁻¹), nas Áreas I (Mata Atlântica), II (Eucalipto) e III (Bambu).....	98
Tabela 18.	Composição química da serapilheira.....	104
Tabela 19.	Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as frações da serapilheira acumulada e composição química da serapilheira.....	106
Tabela 20.	Post-hoc de Dunn para as frações da serapilheira acumulada, em relação as áreas e aos meses.....	107
Tabela 21.	Post-hoc de Dunn para composição química da serapilheira, em relação as áreas e aos meses.....	107
Tabela 22.	Classificação das Classes Texturais dos pontos analisados, proposta por Shepard (1954).....	108
Tabela 23.	Classificação amostral das três áreas quanto ao diâmetro médio.....	109
Tabela 24.	Classificação do grau de seleção nas áreas estudadas.....	110
Tabela 25.	Classificação de assimetria nas áreas estudadas.....	111
Tabela 26.	Classificação média da curtose nas áreas avaliadas.....	112
Tabela 27.	Classificação do grau de arredondamento, esfericidade e textura superficial dos grãos.....	114
Tabela 28.	Valores médios da composição física do solo (0-10 cm) nas áreas estudo.....	122
Tabela 29.	Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis físicas do solo.....	123
Tabela 30.	Post-hoc de Dunn para os parâmetros físicos do solo em relação as áreas.....	124
Tabela 31.	Valores médios da composição química do solo (0-10 cm) nas áreas de estudo.....	125
Tabela 32.	Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis químicas do solo.....	127
Tabela 33.	Post-hoc de Dunn para os parâmetros químicos do solo em relação as áreas.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Classificação do grau de seleção.....	110
Quadro 2.	Classificação de assimetria.....	111
Quadro 3.	Classificação da curtose.....	111

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Precipitação pluvial nos meses estudados.....	48
Gráfico 2.	Classificação dos herbívoros invertebrados pelo tipo de dano foliar causado nas folhas das espécies <i>Paubrasilia echinata</i> (Mata Atlântica) (A), <i>Eucalyptus sp.</i> (B) e <i>Bambusa vulgaris</i> (C).....	50
Gráfico 3.	Taxa de herbivoria (%) e Índice de herbivoria das espécies <i>Paubrasilia echinata</i> (Mata Atlântica) (A), <i>Eucalyptus sp.</i> (B) e <i>Bambusa vulgaris</i> (C).....	52

Gráfico 4.	Número de folhas das espécies <i>Paubrasilia echinata</i> (Mata Atlântica) (A), <i>Eucalyptus</i> sp. (B) e <i>Bambusa vulgaris</i> (C) de acordo com as Classes da Área Foliar Consumida pelos herbívoros invertebrados.....	54
Gráfico 5.	Abundância (A) e riqueza (B) dos grupos taxonômicos da macrofauna aérea nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.....	63
Gráfico 6.	Percentual de invertebrados da macrofauna aérea nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	66
Gráfico 7.	Índices de Shannon (H) e Pielou (<i>e</i>) da macrofauna invertebrada aérea nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	68
Gráfico 8.	Abundância (A) e riqueza (B) dos grupos taxonômicos da macrofauna edáfica nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.....	71
Gráfico 9.	Percentual dos organismos invertebrados nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	74
Gráfico 10.	Índices de Shannon (H) e Pielou (<i>e</i>) da macrofauna edáfica dos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	76
Gráfico 11.	Abundância (A) e riqueza (B) dos grupos taxonômicos da serapilheira dos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.....	79
Gráfico 12.	Temperatura do solo (TS) e conteúdo de água do solo (CAS) nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.....	82
Gráfico 13.	Porcentagem (%) dos grupos taxonômicos da serapilheira dos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	83
Gráfico 14.	Índice de Shannon (H) e Pielou (<i>e</i>) dos organismos invertebrados da serapilheira nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	86
Gráfico 15.	Abundância (A) e riqueza (B) da mesofauna invertebrada do solo nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.....	90
Gráfico 16.	Percentual da mesofauna invertebrada do solo nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	93
Gráfico 17.	Índices de Shannon (H) e Pielou (<i>e</i>) da mesofauna invertebrada do solo nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).....	95
Gráfico 18.	Distribuição do grau de arredondamento (A), esfericidade (B) e textura superficial (C).....	115

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1 Bioma Mata Atlântica.....	10
2.2 Área de Preservação Permanente (APP).....	12
2.3 Espécies exóticas: <i>Bambusa vulgaris</i> (bambu) e <i>Eucalyptus</i> sp. (eucalipto).....	14
2.3.1 <i>Bambusa vulgaris</i> (bambu).....	15
2.3.2 <i>Eucalyptus</i> sp. (eucalipto).....	16
2.4 Indicadores de qualidade do solo.....	18
2.4.1 Indicadores físicos do solo.....	19
2.4.2 Indicadores químicos do solo.....	21
2.4.3 Indicadores biológicos do solo.....	22
2.5 Análise Sedimentológica.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Inserção territorial da área de estudo.....	26
3.1.1 Área de estudo.....	26
3.2 Descrição da pesquisa.....	30
3.2.1 Avaliação da taxa e intensidade do dano causado pelos herbívoros invertebrados... 30	
3.2.1.1 Composição química do material foliar e serapilheira.....	31
3.2.2 Quantificação dos organismos invertebrados.....	32
3.2.2.1 Quantificação da macrofauna aérea.....	32
3.2.2.2 Quantificação dos invertebrados do solo.....	33
3.2.2.2.1 Macrofauna edáfica.....	33
3.2.2.2.2 Macrofauna da serapilheira.....	33
3.2.2.3 Quantificação da mesofauna invertebrada do solo.....	34
3.2.3 Quantificação do acúmulo de serapilheira.....	36
3.2.4 Análise Sedimentológica.....	38
3.2.4.1 Análise Granulométrica.....	38
3.2.4.2 Distribuição Fáciologica.....	39
3.2.4.3 Análise morfoscópica.....	39
3.2.5 Composição física e química do solo.....	39
3.2.5.1 Realização de análise física do solo.....	39
3.2.5.2 Realização de análise química do solo.....	39
3.2.6 Avaliação das variáveis edafoclimáticas.....	40
3.2.6.1 Conteúdo de Água do Solo (CAS).....	40
3.2.6.2 Temperatura do solo e precipitação pluvial.....	41
3.3 Análise estatística.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 Avaliação da taxa e intensidade do dano causado pelos herbívoros invertebrados.....	44
4.1.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da herbivoria e composição química das folhas.....	55
4.1.2 Estimativas de correlação de Spearman.....	57
4.2 Quantificação dos organismos invertebrados.....	62
4.2.1 Macrofauna aérea.....	62
4.2.1.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da macrofauna aérea.....	69
4.2.2 Invertebrados do solo.....	70
4.2.2.1 Macrofauna edáfica.....	70

4.2.2.1.1	Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da macrofauna edáfica.....	77
4.2.2.1.2	Comparações múltiplas pelo método Family Wise Error Rate (FWER) para macrofauna edáfica.....	78
4.2.2.2	Macrofauna da serapilheira.....	79
4.2.2.2.1	Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da macrofauna da serapilheira.....	87
4.2.2.2.2	Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn das variáveis edafoclimáticas.....	88
4.2.3	Mesofauna invertebrada do solo.....	89
4.2.3.1	Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da mesofauna invertebrada do solo.....	96
4.3	Quantificação do acúmulo de serapilheira.....	97
4.3.1	Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn do acúmulo de serapilheira e composição química da serapilheira.....	105
4.4	Composição física e química do solo.....	108
4.4.1	Análise Sedimentológica.....	108
4.4.1.1	Análise Granulométrica.....	108
4.4.1.2	Diâmetro médio.....	109
4.4.1.3	Grau de seleção.....	110
4.4.1.4	Assimetria.....	110
4.4.1.5	Curtose.....	111
4.4.1.6	Distribuição Faciológica.....	112
4.4.1.7	Análise Morfoscópica das áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.....	114
4.4.1.7.1	Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna.....	116
4.4.2	Física do solo.....	121
4.4.2.1	Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da composição física do solo.....	123
4.4.3	Química do solo.....	125
4.4.3.1	Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da composição química do solo....	127
5	CONCLUSÕES.....	130
REFERÊNCIAS.....		132

1 INTRODUÇÃO

O Bioma Mata Atlântica apresenta ampla diversidade de espécies e altas taxas de endemismo. No entanto, é considerado um dos mais impactados pela ação antrópica, como por exemplo, através de desmatamentos, queimadas e poluição. Além disso, outro fator implica direta ou indiretamente na perda da biodiversidade e extinção de espécies: a introdução de espécies vegetais exóticas.

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). É importante destacar que segundo os autores, as espécies introduzidas em uma nova região quando manejadas adequadamente podem não apresentar impacto ecológico, no entanto, algumas se reproduzem e atingem diferentes graus de naturalização, desde plantas que se tornam apenas exóticas casuais até invasoras agressivas. De acordo com Ziller (2001a), as espécies exóticas quando se tornam invasoras alteram as propriedades ecológicas essenciais, como a ciclagem de nutrientes, produtividade vegetal, cadeias tróficas, distribuição e funções de espécies, porte da vegetação, acúmulo de serapilheira e de biomassa, taxas de decomposição, processos evolutivos, relações entre polinizadores e plantas, dentre outros.

Dentre as espécies exóticas, a *Bambusa vulgaris* (bambu) e o *Eucalyptus* sp. (eucalipto) são corriqueiramente encontradas em ambientes com espécies nativas (ICMBIO, 2019). Silva, Pereira e Silva (2011) afirmam que o bambu fora do seu habitat não tem um predador natural, nem indivíduos que concorram igualmente por luz e alimento, encontrando facilidade para se alastrar em ambientes nativos. Já o eucalipto, segundo Sibanda *et al.* (2021) consegue se adaptar a qualquer condição do solo e liberando produtos químicos (propriedades alelopáticas) inibe o crescimento de espécies nativas e assim consegue maior acesso a luz, água e nutrientes, e conseqüentemente maior adaptação evolutiva (Bedin *et al.*, 2006).

Em Alagoas, o plantio do eucalipto vem substituindo áreas que outrora eram cultivadas com a cana-de-açúcar, notadamente nos tabuleiros e encostas (Gurgel; Santos; Salamon, 2020). Conforme dados do IBGE (2022), 24.277 ha correspondem a área cultivada da espécie em Alagoas, o que representa 87,85% de todo o plantio silvicultural do estado. Além do seu cultivo para fins comerciais, cabe destacar que esta espécie também pode ser encontrada na área do IBAMA (Parque do Horto) como explicam Faria e Cavalcanti (2009), podendo impactar as espécies nativas do local, assim como os invertebrados e a qualidade física e química do solo.

Quanto ao bambu, não há registros de seu cultivo para fins comerciais no estado de Alagoas, no entanto é possível encontrar a espécie também em áreas protegidas como no Parque Municipal de Maceió e no Parque do Horto (IBAMA), conforme estudos de Calheiros *et al.* (2022), Faria e Cavalcanti (2009) e Silva, Pereira e Silva (2011).

Desse modo, fez-se necessário uma investigação dos impactos provocados pela introdução dessas espécies exóticas (bambu e eucalipto) na Área de Preservação Permanente (APP) do Parque do Horto, por meio dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo, uma vez que não há pesquisas sobre essa temática no local. Além disso, essa pesquisa possibilitará o planejamento de ações por parte da administração do Parque do Horto, no sentido das tomadas de decisões sobre as ações mitigadoras e de preservação do fragmento de Mata Atlântica nativa presente no local. Assim como, esse trabalho pode ser utilizado pelo meio acadêmico, gestores ambientais e servir como um mecanismo de conscientização da sociedade, no sentido da conservação da biodiversidade em parques urbanos.

Diante deste contexto elaborou-se o questionamento: a introdução de espécies exóticas como *B. vulgaris* e *Eucalyptus* sp. em fragmento de Mata Atlântica tem provocado impactos na biodiversidade de invertebrados e qualidade do solo? Para responder esse questionamento foram elaboradas as seguintes hipóteses: (H1) a presença das espécies exóticas (bambu e eucalipto) reduz a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade dos invertebrados, em virtude da qualidade da biomassa aportada, que serve de alimento e abrigo para os organismos nesses ambientes, ser inferior ao fragmento de Mata Atlântica, comprometendo a ciclagem de nutrientes e a qualidade física, química e biológica do solo. (H2) Essas espécies exóticas também interferem nos herbívoros invertebrados, pois em ambientes com presença de plantas exóticas, por dispor de baixa variedade de espécies vegetais é menos atrativo aos invertebrados, além disso a composição química das folhas não favorece a sua palatabilidade, sendo menor a taxa de herbivoria.

Desta forma a pesquisa teve como objetivo analisar quais impactos a introdução de espécies exóticas *Bambusa vulgaris* e *Eucalyptus* sp. têm provocado na biodiversidade de invertebrados e qualidade do solo em fragmento de Mata Atlântica.

Tendo como objetivos específicos: avaliar a taxa e intensidade do dano causado pelos herbívoros invertebrados nas matrizes das espécies *Bambusa vulgaris*, *Eucalyptus* sp. e no fragmento de Mata Atlântica e proceder com a análise química do material foliar e serapilheira;

Identificar a macrofauna invertebrada (edáfica e aérea) e mesofauna invertebrada do solo com presença de *B. vulgaris*, *Eucalyptus* sp. e no fragmento de Mata Atlântica; Quantificar o acúmulo de serapilheira e os organismos invertebrados presentes no material nos ambientes de estudo; Realizar análise da composição física e química do solo e variáveis edafoclimáticas (temperatura do solo, conteúdo de água do solo e precipitação pluvial) nos diferentes ambientes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Bioma Mata Atlântica

A Mata Atlântica ocupa uma extensa faixa latitudinal, estende-se sob as coordenadas 5° a 33° S e 35° a 57° O, abrange desde a costa leste brasileira (17 estados) até áreas no nordeste da Argentina e sudeste do Paraguai (Lima *et al.*, 2015). Devido a sua grande presença, é possível observar variações climáticas muito pronunciadas, onde no nordeste brasileiro, as temperaturas variam em torno de 24 °C, enquanto no sul e sudeste podem chegar a 6 °C (Moura, 2006). O que favorece a formação de distintos conjuntos florestais, como as florestas ombrófilas densa, mista e aberta, estacional semidecidual e decidual, formações pioneiras (manguezais e restingas) e refúgios (brejos de altitude) (Brasil, 2006; Moura, 2006).

Essa grande variedade de conjuntos florestais abrigam uma ampla riqueza de espécies endêmicas de vegetais e animais. Dentre as espécies vegetais presentes na Mata Atlântica, há destaque para as pioneiras que se desenvolvem em fragmentos florestais, locais abertos e áreas degradadas como a *Cecropia* spp. (Embaúba), *Schinus terebentifolius* (Aroeirinha) e *Trema micranta* (Crindiúva) (Almeida, 2016).

Ainda nas fases iniciais de sucessão, existem as espécies secundárias, que são caracterizadas por se desenvolverem em locais totalmente abertos ou semiabertos, a exemplo do *Inga* spp. (Ingá), *Cupania* spp. (Camboatá) e *Senna macranthera* (Fedegoso). Já as espécies secundárias tardias ocupam os estágios médios de sucessão, onde se desenvolvem exclusivamente em sub-bosques em áreas permanentemente sombreadas, como o *Dalbergia nigra* (Jacarandá), *Apuleia leiocarpa* (Garapa) e *Esenbeckia leiocarpa* (Guarantã). As espécies do último estágio sucessional são as clímax, que tem como característica se desenvolverem em florestas primárias, como a *Manilkara* spp. (Massaranduba), *Cariniana* spp. (Jequitibá) e, a espécie símbolo da Mata Atlântica, o *Paubrasilia echinata* (Pau-brasil) (Almeida, 2016).

Embora haja uma variedade de espécies, a Mata Atlântica tem sido muito impactada pela ação antrópica que resulta em fragmentação da paisagem e perda de diversidade (Amorim; Sousa; Lourenço, 2019). O histórico de alterações do Bioma remonta desde o período colonial, impactado por atividades agrícolas e a expansão urbana desordenada (Elias; Padilha; Santos, 2016).

Aproximadamente 90% da Mata Atlântica foi suprimida, restando apenas 16.184.720 ha ou 12,4% da área original no ano de 2022 (Fundação SOS Mata Atlântica, 2023). Em Alagoas, a situação é ainda mais alarmante, onde somente 9,4% (142.515 ha) da área original é ocupada por fragmentos de Mata Atlântica (Fundação SOS Mata Atlântica, 2023).

No período de 2021-2022, conforme o Atlas de Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, foi verificado que 20.075 ha foram desmatados na Mata Atlântica brasileira, o que representa a emissão 9,6 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera (Fundação SOS Mata Atlântica, 2023). No comparativo com o relatório do período anterior (2020-2021), houve uma redução de 7% na taxa de desmatamento, no entanto os autores mencionam que este valor é 76% maior que o observado em 2017-2018, sendo desta forma necessárias ações mitigadoras para contornar o atual cenário.

Outro fator determinante no impacto ao Bioma Mata Atlântica, é a introdução de espécies vegetais exóticas, onde inclusive é possível encontrar espécies como Bambu e Eucalipto, em áreas protegidas pela legislação, como no caso da APP do IBAMA (Parque do Horto de Maceió) (Faria; Cavalcanti, 2009; Lima; Silva; Araujo, 2024) e do Parque Municipal de Maceió (Unidade de Conservação) (Calheiros *et al.*, 2022; Faria; Cavalcanti, 2009), em Alagoas.

Essa presença de plantas exóticas em ambientes protegidos, como em UCs e APPs, impactam na dominância das espécies nativas, reduzindo as populações naturais e ameaçando de extinção (local ou regional) e perda no patrimônio genético (Silva; Ferreira; Gama, 2021). Em uma revisão sistemática dos estudos brasileiros publicados sobre a plantação de árvores não nativas no país, Valduga, Zenni e Vetule (2016) constataram que 55,3% situam-se na Mata Atlântica, provocando efeitos negativos como o declínio na riqueza e abundância de espécies vegetais, assim como da diversidade no banco de sementes e regeneração natural.

Essa perda de biodiversidade da Mata Atlântica resultou na classificação do Bioma como um dos hotspots mundiais prioritários de conservação (Mittermeier *et al.*, 2005; Myers *et al.*, 2000), visando a redução dos riscos de extinção de espécies exclusivas do Bioma. Alinhada a esta iniciativa da comunidade científica, foram criadas leis que visam conservar os fragmentos e utilizar de forma consciente os recursos, como a Lei da Mata Atlântica (11.428/2006) (Brasil, 2006) e o Novo Código Florestal brasileiro (12.651/2012) (Brasil, 2012).

2.2 Área de Preservação Permanente (APP)

O conceito de Área de Preservação Permanente (APP), está inserida na Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, que instituiu o novo Código Florestal brasileiro, sendo definido como uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa. Criadas com o intuito de preservar a vegetação nativa, os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

Ainda conforme o autor, são consideradas APPs os ambientes situados 1) nas faixas marginais de qualquer curso d'água; 2) no entorno de lagoas e lagos 3) nos reservatórios d'água naturais ou artificiais; 4) nas nascentes; 5) nas encostas com inclinação acima de 45°; 6) no topo de morros, montes, montanhas e serras; 7) restingas (fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues); 8) em toda a extensão do ecossistema de manguezal; 9) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas; 10) em altitude superior a 1.800 m; 11) e em veredas. Faz-se importante salientar que nas APPs não é permitido suprimir a vegetação nativa, a menos que seja feita por razões de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, conforme explica o novo Código Florestal do ano de 2012 (Brasil, 2012).

As APPs são importantes para minimizar os impactos da ação pluvial e eólica no solo, e garantir a preservação da biodiversidade, estabelecendo o equilíbrio do ambiente (Bortoli *et al.*, 2017). Além disso, proporcionam a infiltração, contribuindo com a drenagem pluvial, a recarga dos aquíferos e a diminuição da ação das águas na dinâmica natural, evitando enxurradas, inundações e enchentes, além de prevenir a ocorrência de deslizamentos de terra (Franco, 2013; Ministério do Meio Ambiente, 2021).

No entanto, o avanço urbanístico tem provocado alterações na paisagem natural no interior de APPs, como destacado por Oliveira *et al.* (2019), ao constatarem problemas, como: erosão da margem dos rios, diminuição da biomassa vegetal, decorrente do crescimento populacional e deficiência na infraestrutura urbana, comprometendo a qualidade de vida da comunidade. De acordo com Castro, May e Garcias (2018), o crescimento desordenado das cidades sem levar em consideração as APPs, é característico na formação das cidades brasileiras, sendo marcante a ausência de faixas de proteção na parte urbana dos rios.

Cabe destacar, que a crescente população urbana tem gerado a necessidade de expansão das cidades, com transformações no meio ambiente, capazes de criar um microclima próprio,

com formação de ilhas de calor (Costa; Maneschy; Canto, 2022). A vegetação exerce considerável influência no controle da temperatura local. De modo geral, espaços verdes com grandes áreas de vegetação auxiliam na redução da temperatura do ar e ajudam a manter a alta umidade do ar (Oliveira *et al.*, 2023).

Desta forma, por proporcionarem melhor qualidade ambiental e de vida no meio urbano, a manutenção de ambientes florestais urbanos é imprescindível (Guerrero *et al.*, 2021; Sillmann *et al.*, 2021). Conforme Cano e Marcato Junior (2021), as espécies vegetais arbóreas favorecem a redução do microclima local, assim como, melhorias na qualidade do ar, saúde e lazer da população, além da proteção de bacias hidrográficas, sendo um dos indicadores mais importantes da qualidade ambiental e sustentabilidade urbana.

É importante mencionar que o processo de urbanização acelerado e sem planejamento, provoca a ocupação irregular de áreas críticas, como várzeas, vales e encostas, assim como o lançamento de esgoto em locais inapropriados, deficiência de coleta e disposição inadequada de resíduos sólidos, que acaba favorecendo a impermeabilização do solo e a redução da cobertura vegetal (Barbosa *et al.*, 2019; Rotermund, 2012). Conforme destacam Barbosa *et al.* (2019) a ocupação irregular propicia a ausência de organização e logística ambiental, deixando lacunas na delimitação de áreas protegidas e no desenvolvimento sustentável local.

A legislação ambiental brasileira, em especial Código Florestal, prever mecanismos que visam minimizar esses problemas, no entanto, ainda há uma série de dificuldades de ordem prática que precisam ser superadas para que seja aplicada com a devida eficácia. Brandão, Riondet-Costa e Botezelli (2022), fazem alguns apontamentos para o pleno funcionamento da legislação ambiental, como: a necessidade de maior fiscalização e sanção para quem comete crimes ambientais, infraestrutura, capacitação de recursos humanos, transparência de dados oficiais e atualização de normas. Assim como, a caracterização dessas áreas e a identificação dos pontos críticos, tornam-se fatores-chave para se propor medidas voltadas à recuperação e monitoramento (Couto; Garcia; Silva, 2018).

Avaliando o uso da terra nas APPs de Maceió, Guimarães Júnior e Calheiros (2017), verificaram que a despeito de todo o cabedal jurídico, municipal até federal, para proteção dessas áreas, não é assegurada efetivamente na prática a proteção das APPs. Uma vez que a cidade vem vivenciando nos últimos 30 anos um crescimento que impacta diretamente o meio

ambiente, favorecendo a proliferação de áreas propícias a deslizamentos e enchentes, nos quais ocorre em uma parcela das APPs da cidade.

2.3 Espécies exóticas: *Bambusa vulgaris* (bambu) e *Eucalyptus* sp. (eucalipto)

As espécies nativas vêm sendo impactadas pela crescente ocupação urbana, redução dos biomas e presença de espécies exóticas, que dificultam o seu pleno desenvolvimento em seus habitats (Proença; Dal-Farra; Oslaj, 2017). De acordo com Spiazzi *et al.* (2017), as espécies introduzidas, por não terem evoluído juntas com as espécies nativas, não possuem um predador natural e, desta forma, tem vantagem competitiva para se estabelecerem, reproduzirem e se desenvolverem, podendo vir a se tornarem espécies invasoras.

Neste sentido, essas espécies têm alta capacidade de tolerância a diferentes condições ambientais, longo período de floração e frutificação, resistência a patógenos e alelopatia. Essas características em conjunto com as condições ambientais do local de introdução, condicionam o processo de invasão biológica. Além disso, ambientes fragmentados, com baixa diversidade de espécies e alterados antropicamente são mais susceptíveis à invasão por espécies exóticas (Magalhães; Silva-Forsberg, 2016).

Entre outros diferentes mecanismos para invadir novas áreas, a alelopatia desempenha papel de destaque, uma vez que as espécies exóticas liberam aleloquímicos que a princípio são ineficazes contra suas plantas vizinhas no habitat original, mas são altamente inibidoras no desenvolvimento de plantas nativas no novo habitat, já que afetam os processos fisiológicos primários e secundários das espécies nativas do ambiente invadido e nos microrganismos do solo que estão na rizosfera, alterando a biodiversidade (Lorenzo; González, 2010).

Ainda conforme os autores, dentre outras hipóteses que são usualmente encontradas em estudos para explicar o sucesso invasivo das espécies exóticas, destacam-se: pressão por propágulos (leva em conta o número de propágulos invasores e a frequência com a qual são introduzidos); liberação de inimigos (a espécie exótica é capaz de aumentar sua densidade populacional na nova área geográfica, uma vez que está livre dos predadores que a atacam em seu espaço nativo); competidor superior (indivíduo com maior capacidade de resistir a supressão competitiva); evolução da capacidade competitiva aumentada (devido a planta invasora não ser mais atacada por seus inimigos nativos específicos, pode investir mais recursos em crescer e menos em se defender, o que confere uma vantagem competitiva sobre as espécies nativas); flutuação de recursos (dependendo dos recursos disponíveis em contraste com a

retirada de recursos, pode favorecer a invasão); habitat perturbado (o ambiente alterado favorece a propagação de espécies exóticas).

Em estudo sobre a descrição morfológica, propagação e o impacto ambiental provocado pela espécie *B. vulgaris* sobre as espécies nativas, em Parque Municipal urbano, Silva, Pereira e Silva (2011) destacam que esta ao atingir a altura de 14 m, sombreia as espécies nativas e impede que a entrada de luz solar atinja a vegetação mais baixa, impossibilitando a fotossíntese e dificultando que indivíduos concorram igualmente por luz e alimento.

Avaliando a presença de espécies exóticas em Unidades de Conservação de Proteção Integral e as de Uso Sustentável no Brasil, Ziller e Dechoum (2013) observaram uma tendência de aumento destas espécies, em consequência da ação antrópica, o que acarreta a perda de conectividade entre as áreas protegidas. Desta forma, os autores recomendam o manejo para mitigar, conter e erradicar as populações de espécies exóticas, assim como a formação de sistemas de detecção precoce com intuito de preservar as espécies nativas das UCs.

Desse modo, a presença de espécies exóticas invasoras, alteram as características e o funcionamento dos processos ecológicos, leva a quebra da resiliência de ecossistemas naturais, a redução de populações de espécies nativas e a extinções locais (Horowitz; Martins; Machado, 2007). Além disso, as espécies exóticas invasoras constituem uma das maiores causas de perda de biodiversidade no mundo, assim como, a destruição de habitats pela exploração humana direta, que dependendo da amplitude, o impacto pode ser irreversível (Ziller; Dechoum, 2013; Horowitz; Martins; Machado, 2007; Ziller, 2001b). Magalhães e Silva-Forsberg (2016) explicam que a ação antrópica é a principal responsável pela introdução de espécies exóticas, devido ao intenso uso para cultivo com fins alimentares, comerciais, ornamentais, dentre outros.

2.3.1 *Bambusa vulgaris* (bambu)

Originário da Malásia, o bambu é uma gramínea de ampla distribuição geográfica com mais 1.300 espécies pelo mundo (Drumond; Wiedman, 2017). Possui folhas acuminadas e flores a princípio verdes, tornando-se amarela e parda-claras, decrescendo da sua base para o topo, com forma parecida de uma pirâmide (Guilherme; Ribeiro; Cereda, 2017). Quanto à morfologia, o bambu cresce por meio de rizomas subterrâneos de onde saem as raízes e os colmos (Guilherme; Ribeiro; Cereda, 2017).

O bambu é encontrado mais amplamente em regiões de clima tropical, sendo uma cultura de produção anual, renovável, perene e de rápido crescimento (de 3 a 6 meses, podendo chegar a 30 m) (Farrely, 1984), baixo custo, grande produtividade por área de plantio (Mognon *et al.*, 2017) e se desenvolve em uma grande variedade de solos, especialmente nos argilosos e areno-argilosos (Ostapiv, 2019). Por esta razão vem sendo utilizado na construção civil em muitos países, por se tratar de um material resistente e facilmente manejado (Mognon *et al.*, 2017), além de ser considerado um sequestrador natural de carbono (Bertolo; Garcia; Dal Farra, 2020; Hernandez, 2015; Pereira, 2012), por apresentar alto potencial de absorção de carbono, devido sua capacidade de incorporá-lo à biomassa vegetal através do processo de fotossíntese (Delgado, 2011), convertendo-o em oxigênio (Osse; Meirelles, 2011). Além disso, os autores explicam que o bambu também é capaz de conter a erosão do solo, uma vez que a camada espessa do rizoma, com seu caule subterrâneo, segura as plantas, evitando que a chuva transporte o material de solo.

No entanto, cabe ressaltar que o bambu é uma espécie potencialmente invasora em ambientes com presença de espécies nativas, sendo capaz de alastrar-se pelo novo ambiente e prejudicar a busca das espécies endêmicas por nutrientes, água e espaço (Bertolo; Garcia; Dal Farra, 2020). Estudando *B. vulgaris* e outras espécies exóticas em ambiente de Mata Atlântica, no município de Capela, em Sergipe, Silva, Ferreira e Gama (2021) explicam que é necessário o monitoramento e manejo da espécie, visto que apresentam elevado potencial invasivo, e quando aliado a ação antrópica, favorece a crescente pressão por propágulos.

2.3.2 *Eucalyptus* sp. (eucalipto)

O eucalipto tem origem na Austrália, Indonésia e em outras ilhas da Oceania (Oliveira; Pinto Júnior, 2021; Vechi; Magalhães Júnior, 2018). Existem mais de 730 espécies botanicamente reconhecidas, em sua maioria são árvores de grande porte (Pinto Júnior; Santarosa; Goulart, 2014), no qual suas culturas foram muito disseminadas pelo mundo, estendendo-se desde as planícies tropicais quentes e úmidas até as terras altas frias e temperadas, nos quais ocorrem principalmente em solos ácidos (Turnbull, 1999).

No Brasil, o uso do eucalipto é quase generalizado em todas as regiões tropicais e subtropicais. A madeira do eucalipto é usada nas mais variadas finalidades, sendo destinada a indústria de papel, carvão vegetal, serrarias, produtos de madeira sólida e processada (Oliveira; Pinto Júnior, 2021), como também, para lenha, estacas, moirões, dormentes, chapas de fibras e

partículas, além disso, para usos mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas (Pereira *et al.*, 2000).

Pode ser utilizado também como um bioindicador de ambientes contaminados, detectando potenciais poluentes de forma rápida, contínua e com baixo custo, apresentando elevado potencial para fitoestabilizar solos contaminados (Silva *et al.*, 2021), considerado como eficaz sequestrador de carbono da atmosfera (Hernandes, 2015), além disso, é capaz de ser empregado no reflorestamento de áreas desmatadas por conseguir se desenvolver nos mais variados tipos de climas e solos (Soares *et al.*, 2021). No entanto, cabe ressaltar que para o reflorestamento de ambientes degradados, o mais recomendado é o plantio de espécies nativas (Almeida, 2016).

De acordo com Vechi e Magalhães Júnior (2018), em pesquisa sobre os aspectos positivos e negativos da cultura de eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo, verificaram que a substituição de mata nativa por culturas de eucalipto provoca desequilíbrio na fauna e flora, devido o eucalipto não garantir uma concorrência equivalente quando comparado com as árvores nativas. Além disso, segundo os autores, poucos animais decompositores são capazes de se alimentar de suas folhas, em virtude dos compostos alelopáticos (tanino, fenóis e óleos essenciais) presentes, que impossibilitam o consumo e acarretam o acúmulo excessivo de serapilheira aportada ao solo, inviabilizando a formação de húmus que são essenciais no processo de renovação do solo (Anjos; Santos; Zanuncio, 1986; Vechi; Magalhães Júnior, 2018).

Outro aspecto importante é que a serapilheira apresenta baixa qualidade nutricional nesses ambientes, o que impacta negativamente as comunidades da fauna e flora, uma vez que as florestas de eucalipto não apresentam grande complexidade da estrutura da vegetação, como nas florestas nativas (Souza *et al.*, 2012). Os autores explicam que a serapilheira é mais diversa e heterogênea em ambientes nativos de Mata Atlântica, enquanto em ambientes de florestas de eucalipto, a estrutura da vegetação é homogênea.

Analisando o efeito dos padrões de uso da terra e o efeito das plantações de eucalipto, nas comunidades de macroinvertebrados de dezesseis riachos de cabeceira no norte da Espanha, Cordero-Rivera, Álvarez e Álvarez (2017) constataram que as plantações de eucalipto reduzem a riqueza e a diversidade dos macroinvertebrados, uma vez que impactam os recursos hídricos e, assim alteram a quantidade, qualidade e a sazonalidade da serapilheira, influenciando

negativamente na colonização e atividade dos decompositores, já que as folhas de eucalipto apresentam menor qualidade para os organismos (menor quantidade de N e P e maior quantidade de compostos de difícil degradação, como: lignina, óleos, taninos e outros compostos fenólicos).

Em pesquisa sobre as transformações nas dinâmicas espaciais no Estado de Alagoas com a inserção da Eucaliptocultura na Mesorregião Geográfica do Leste Alagoano, Gurgel (2021) e (2018) verificaram altos impactos negativos quanto à supressão de vegetação em tabuleiros e encostas, além de alterações na fauna, flora, recursos hídricos e aspectos paisagísticos, e menciona que o cultivo serve, em sua maioria, aos interesses privados, já que poucas contribuições para as esferas públicas, civis e ao meio ambiente.

Em seu estudo sobre os efeitos das plantações de espécies de eucalipto e terras de cultivo em solo selecionado, Mengistu *et al.* (2020) elencaram estudos que apontaram impactos negativos pela introdução de eucalipto, como: efeitos devastadores nas propriedades físico-químicas do solo, esgotamento do conteúdo de matéria orgânica e o impacto negativo a hidrologia, além da perturbação da capacidade de ciclagem de nutrientes, diminuição dos lençóis freáticos e a redução da disponibilidade de água devido a sua rede de raízes profundas e densa. No entanto, os autores ponderam que se plantando em local apropriado e se manejado adequadamente (práticas silviculturais e corte adequado), as plantações de eucaliptos têm impactos positivos sobre as propriedades física e química do solo.

Reforçando essa consideração, Vital (2007) avaliando os impactos ambientais de florestas de eucaliptos, afirmou que assertivas generalistas devem ser evitadas, pois os impactos ambientais das florestas de eucalipto dependem das condições prévias ao plantio, como: bioma de inserção, densidade pluviométrica, tipo de solo, declividade dos solos, distância das bacias hidrográficas e as técnicas agrícolas empregadas (densidade do plantio, métodos de colheita, presença de corredores biológicos e atividades consorciadas).

2.4 Indicadores de qualidade do solo

A qualidade do solo é um indicativo crucial para a manutenção de toda biodiversidade ecossistêmica (Silva *et al.*, 2021), sendo mensurada com base na capacidade do solo funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica e manter a qualidade ambiental, para isto, a avaliação deve ser feita com base nos indicadores físicos, químicos e biológicos (Araújo; Monteiro, 2007).

Os indicadores físicos, químicos e biológicos estão interrelacionados e a análise conjunta desses atributos são importantes na avaliação da qualidade do solo, pois ajudam a quantificar a magnitude e a duração das alterações provocadas por diferentes sistemas de manejo e auxiliam nas medidas necessárias para recuperação dos ecossistemas, em caso de degradação (Freitas *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2021; Silva, M., 2020).

2.4.1 Indicadores físicos do solo

A qualidade física do solo é verificada, com base na capacidade do mesmo em suprir as condições para manutenção das plantas, em favorecer a aeração, apresentar resistência a processos antrópicos e se recuperar (Mantovanelli *et al.*, 2022). Conforme explica Paixão (2019), solos com reduzida qualidade física apresentam severas limitações ao crescimento de plantas, promovendo, uma menor produtividade.

Para avaliar a qualidade física do solo, os indicadores mais utilizados são a textura, estrutura, densidade, agregação de partículas, condutividade hidráulica, resistência a penetração, profundidade de enraizamento, porosidade e percolação (Araújo *et al.*, 2012; Gomes; Filizola, 2006; Mantovanelli *et al.*, 2022; Silva, M., 2020). Esses indicadores são importantes por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, como: a taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Além de ter a função de armazenar a água, nutrientes e oxigênio no solo (Gomes; Filizola, 2006). Com base nesses atributos, é possível obter indícios de baixa qualidade física e inferir sobre a compactação do solo (Mantovanelli *et al.*, 2022), entre outros fatores.

A textura do solo é um indicador que influencia a maioria dos demais parâmetros físicos, está relacionada a processos essenciais para o funcionamento do solo, como a capacidade de controlar a troca, retenção e absorção de água, nutrientes e oxigênio do solo (Schoenholtz; Van Miegroet; Burger, 2000). Esse parâmetro não apresenta alterações com o manejo, mas é importante auxiliar no entendimento do movimento da água e a capacidade de desmobilizar os nutrientes (Silva, M., 2020).

A textura diz respeito a proporção relativa das classes de tamanho das partículas (areia, silte e argila) de um solo (Vieira *et al.*, 2019). No trabalho de Centeno *et al.* (2017), a textura está relacionada com as partículas primárias (areia, silte e argila) e a sensação que as partículas oferecem ao tato (atrído, sedosidade e pegajosidade), enquanto a granulometria está relacionada as porcentagens dessas partículas primárias, distribuídas em diferentes tamanhos definidos por

diâmetros específicos. Conforme Almeida *et al.* (2012), as frações granulométricas são descritas, como: Matacão (>200 mm), Calhau (200-20 mm), Cascalho (20-2,0 mm), Areia grossa (2,0-0,21 mm), Areia fina (0,21-0,05 mm), Silte (0,05-0,002 mm) e Argila (<0,002 mm).

Paralelamente a esta avaliação, é possível encontrar na literatura estudos que abordam também a densidade do solo, como Silva, Pauletto e Silva (2020), Martins *et al.* (2019) e Suszek, Sampaio e Lima (2019). Por meio deste indicador é possível avaliar o nível de adensamento ou a compactação, além de possibilitar inferência sobre as chances de crescimento radicular (Souza, L. *et al.*, 2019). Bicalho (2011) descreve a densidade do solo como a massa em um determinado volume de solo, ou seja, é uma propriedade variável e dependente da estrutura e compactação do solo, onde a densidade tende a aumentar com a profundidade, variando em função do teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, maior compactação, diminuição da porosidade, entre outros fatores.

Outro indicador frequentemente avaliado é a estrutura do solo, que é responsável por controlar diversos processos físicos, como: infiltração, a retenção e, conseqüentemente, o movimento da água, que, por sua vez, controlam outros processos como a lixiviação e a erosão (Telles; Dechen; Guimarães, 2019). Além de ter grande influência nos ciclos do carbono e dos nutrientes, e na aeração e penetração das raízes, fundamentais para crescimento das plantas (Cardoso, 2014).

A porosidade do solo representa a fração volumétrica ocupada pelo espaço poroso, no local ocorrem os processos dinâmicos envolvendo a água, nutrientes e o ar do solo, assim como o crescimento radicular (Souza, L. *et al.*, 2019). Almeida *et al.* (2017) explicam que a porosidade do solo é a fração do volume total em um determinado volume de solo passível de ser ocupada por água e/ou ar. Os autores ainda enfatizam que mensurar a porosidade ajuda entender o movimento e a retenção de água, ar e solutos no solo, entre outras variáveis.

Quando se avaliam os poros, geralmente tem como base o diâmetro dos mesmos, onde são diferenciados em macro e microporos, o primeiro é associado aos ambientes onde ocorrem os processos de aeração e drenagem, enquanto o segundo a retenção de água (Aguiar, 2008). O autor ainda explica que a porosidade reflete diretamente a estrutura e textura do solo, nos quais os poros são determinados pelo arranjo e geometria das partículas, deferindo quanto a forma, comprimento, largura e tortuosidade.

Com base nesses parâmetros é possível planejar ações que visem recuperar as propriedades de solos impactados. Conforme Moreira e Moreira (2006) a melhoria nas propriedades físicas do solo ajuda reduzir a suscetibilidade de erosão e seus consequentes impactos, como degradação do solo, poluição e assoreamento de mananciais hídricos.

Outro aspecto relevante, é que a aplicação desses parâmetros se mostra vantajoso, já que os custos são baixos, as metodologias são simples e rápidas, além disso esses indicadores apresentam relação direta com os indicadores químicos e biológicos (Mendes; Melloni; Melloni, 2006).

2.4.2 Indicadores químicos do solo

As propriedades químicas do solo são significativamente modificadas com a supressão da vegetação nativa, ocasionando a diminuição da fertilidade e a desagregação do solo (Freitas *et al.*, 2017). O que corrobora com a afirmação de Ozório *et al.* (2020) de que os indicadores de qualidade do solo são sensíveis aos impactos causados pela conversão de áreas naturais em sistemas de manejo agrícola. Mengistu *et al.* (2020) também endossa essa assertiva, no qual defende que as propriedades físicas e químicas do solo são fortemente impactadas pelo tipo de sistema de uso do solo. Inferindo-se, que o conhecimento das alterações dos atributos químicos (e dos demais parâmetros) favorece na adoção das práticas de manejo (Freitas *et al.*, 2017).

Dentre os principais indicadores químicos utilizados para avaliar a qualidade do solo destacam-se pH (potencial hidrogeniônico), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes, como cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio e demais macro (N e S) e os micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B e Cl) (Araújo *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2013). Os macronutrientes são conhecidos como nutrientes principais, nos quais são absorvidos pelas plantas em maior proporção que os micronutrientes (conhecidos como elementos-traço), sendo constituintes dos minerais e da matéria orgânica do substrato, onde as plantas crescem e são encontrados dissolvidos no solo (Ronquim, 2020).

O pH indica a quantidade de íons de hidrogênio (H^+) que existem no solo. Um solo ácido apresenta muitos íons de H^+ e poucos íons de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) adsorvidos em seu complexo coloidal de troca (Ronquim, 2020). Ainda segundo o autor, o pH fornece indícios das condições químicas gerais do solo, nos quais solos com acidez elevada (baixos valores de pH) geralmente apresentam: pobreza em bases (cálcio e magnésio,

principalmente); elevado teor de alumínio; excesso de manganês; alta fixação de fósforo nos colóides do solo; tendência de lixiviação de potássio; e deficiência de alguns micronutrientes.

Outro indicador frequentemente avaliado é a CTC, no qual representa a quantidade total de cátions trocáveis que o solo pode adsorver (Teixeira *et al.*, 2017). Um solo é considerado bom para a nutrição das plantas quando a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), já quando a CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos (H^+ e Al^{3+}), o solo é considerado pobre (Ronquim, 2020).

A Matéria Orgânica do Solo (MOS) também é citada na literatura como um eficaz indicador de qualidade do solo (Barbosa; Oliveira, 2022; Cabreira *et al.*, 2021; Silva, P., 2020), a mesma corresponde a todo o material orgânico, de origem animal ou vegetal, abrangendo toda a fauna edáfica e o sistema radicular vivo ou em diferentes fases de decomposição e com tamanho inferior a 2 mm (Giongo *et al.*, 2021).

A MOS é constituída basicamente por C, H, O, N, S e P (Ferreira *et al.*, 2021), nos quais os teores de matéria orgânica, em condições naturais, variam em razão do tipo da vegetação e da umidade do solo (Telles; Dechen; Guimarães, 2019). Outro fator que influencia a disponibilidade de matéria orgânica é a biomassa microbiana, que é a principal responsável pela decomposição e mineralização da mesma (Chiodini *et al.*, 2013). Em solos degradados, Lehman *et al.* (2015) explicam que a MOS é uma das deficiências mais comumente identificadas, influenciadas diretamente pelas propriedades físicas, químicas e biológicas.

2.4.3 Indicadores biológicos do solo

Os indicadores biológicos são uma importante ferramenta para mensurar distúrbios ambientais, justificado pelos indivíduos terem o seu ciclo de vida atrelado ao ambiente, sendo sensíveis a alterações antrópicas (Graeff, 2021). São constituídos por grupos de organismos que habitam no solo, incluindo pequenos vertebrados, invertebrados, minhocas, nematódeos, protozoários, fungos e bactérias (Lozada, 2015).

A habilidade desses organismos em transportar, ingerir ou modificar a estrutura física do solo está relacionada ao seu tamanho corporal, sendo classificados em microfauna (<0,2 mm), mesofauna (0,2-2,0 mm) e macrofauna (>2,0 mm) (Swift; Heal; Anderson, 1979). Os organismos maiores (minhocas, térmitas, formigas e outros), influenciam as propriedades físicas do solo, já a biota menor (ácaros e principalmente microrganismos), atingem

notadamente, a decomposição da serapilheira e as reações químicas que ocorrem nesses ambientes (Carmago, 2016). Além disso, favorecem a disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas, melhora na produtividade do solo e controle dos organismos indesejáveis (Nascimento *et al.*, 2022).

Nesse sentido, os invertebrados edáficos alteram os componentes estruturais do solo, aumentam a porosidade, alteram a estrutura agregada e redistribuiu nutrientes, tanto diretamente pela decomposição do material vegetal, quanto indiretamente pelo consumo de resíduos animais (ex.: besouros escaravelhos) ou saprófitas (ex.: fungos) (Lehman *et al.*, 2015).

Cabe destacar, que a atividade biológica desses indivíduos se concentra na camada superficial, desde alguns centímetros até 30 cm de profundidade (Ruiz; Lavelle; Jimenez, 2008), sendo a sua riqueza e abundância influenciada diretamente por diferentes coberturas vegetais do solo (Daneluz *et al.*, 2021) e conforme seu uso e manejo (Morel; Acosta, 2022).

Além dos fatores vegetais (tipo de vegetação e cobertura), os edáficos (tipo de solo, minerais predominantes, temperatura, pH, matéria orgânica, umidade, textura e estrutura), históricos (antrópico e geológico), topográficos (posição fisiográfica e inclinação) e climáticos (precipitação, temperatura, vento, umidade do ar) afetam a abundância e a diversidade da macro e mesofauna (Melo *et al.*, 2009). Devido a sensibilidade desses organismos as alterações no ambiente, é possível utilizá-los como bioindicadores e, assim, ter um panorama do estado atual e das mudanças induzidas por forças internas e externas (bióticas e abióticas) ao longo do tempo, conforme explicam os autores.

Diversos estudos apontam a fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo, como nos trabalhos de Dias *et al.* (2022), Morel e Acosta (2022), Nascimento *et al.* (2022), Souza *et al.* (2022), Lima *et al.* (2021), Monteiro *et al.* (2021) e Cabrera (2012), onde é dado respaldo as afirmações de Melo *et al.* (2009) quanto a sensibilidade desses organismos e sua eficácia como bioindicador.

2.5 Análise Sedimentológica

A análise sedimentológica permite comparar as características texturais dos sedimentos e uma variedade de ambientes que compõem a dinâmica deposicional (Bezerra, 2020). Ainda de acordo com a autora, o transporte sedimentar é o mecanismo através do qual ocorre a redistribuição dos sedimentos, em função dos fatores temporal e espacial. A propriedade mais

relevante dos sedimentos é a dimensão das partículas que os compõem, obtida pela quantificação de grandes classes dimensionais (análise textural) e no tratamento estatístico (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) (Dias, 2004).

A textura sedimentar é frequentemente classificada em categorias como finos (argila+silte), areia e cascalho, e com base no tamanho dessas partículas, é possível inferir as condições ambientais e os mecanismos de deposição que ocorreram no passado (Dias, 2004).

O diâmetro médio é uma representação unimodal que destaca a textura do sedimento predominante e está diretamente associado ao nível de energia atuante nos diferentes ambientes sedimentares (Coimbra; Góes; Yamamoto, 1991). Dessa forma, os ambientes com maior energia, destacam-se por apresentar partículas grossas e os ambientes de baixa energia partículas finas, ambas vinculadas às características da área fonte.

O desvio padrão ou grau de seleção é usado como indicador de maturidade textural do sedimento (Dias, 2004). Está relacionado ao retrabalhamento dos depósitos e reflete as variações das condições de fluxo, como velocidade e turbulência (Biazin, 2005; Fernandez *et al*, 2000; Martins, 2010). A seleção dos grãos pode ocorrer durante a deposição (seleção local), transporte (seleção progressiva) ou simultaneamente pelos dois mecanismos, havendo situações em que um ou outro prevaleça (Bezerra, 2022; Inman, 1949; Marcondes, 2009; Melo, 2015; Souza, 2021).

A assimetria é determinada pelo desvio do diâmetro médio, em relação a mediana da distribuição de tamanhos (Silva, 2001). A autora explica que quando os valores se concentram à esquerda, há uma assimetria negativa, representando predominância de sedimentos grossos, já quando se inclinam à direita, a assimetria é positiva, caracterizada pela presença majoritária de sedimentos mais finos.

E a curtose é uma métrica que indica o grau de dispersão das curvas na análise granulométrica (Jesus; Andrade, 2013). Segundo os autores, a forma dessas curvas está intrinsecamente relacionada à dinâmica sedimentológica e pode ser classificada como platicúrtica (achatada), mesocúrtica (normal) ou leptocúrtica (alongada). De acordo com Santos (1998), as amostras que apresentam curvas “leptocúrtica” e “muito leptocúrtica” são indicativas de ambiente de maior movimentação, já as “platicúrtica” e “muito platicúrtica” indicam uma baixa movimentação, e a curva “mesocúrtica” delimita áreas intermediárias de maior ou menor movimentação.

Os valores de curtose muito baixos ou muito altos podem indicar que o sedimento transportado não perdeu as características originais de sua área fonte (Folk, 1957). Desse modo, a análise de variação de curtose permite distinguir diferentes graus de energia e determinar o grau de mistura de diferentes frações dentro de um mesmo ambiente sedimentar (Suguio, 1973).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Inserção territorial 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 em Dados, 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 entre 0 a 20 m na planície litorânea, 20 a 180 m nas encostas e topos de tabuleiros e 300 m 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). A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Aberta (Mata Atlântica remanescente), além dos 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, 2022), temperatura do ar média anual de 25,1 °C e umidade do ar de 78,5% (INMET, 2021).

3.1.1 Área de estudo

A área de estudo está inserida em um fragmento de Mata Atlântica, no Parque do Horto de Maceió, localizado no bairro Gruta de Lourdes, por trás da sede administrativa do Ibama, sob as coordenadas geográficas 09°38'85" S e 36°43'48" W, com área de 55,43 ha (Barbosa; Rios, 2006). Trata-se de uma Área de Preservação Permanente (APP) de Proteção Integral instituído pelo Decreto Federal n.º 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.

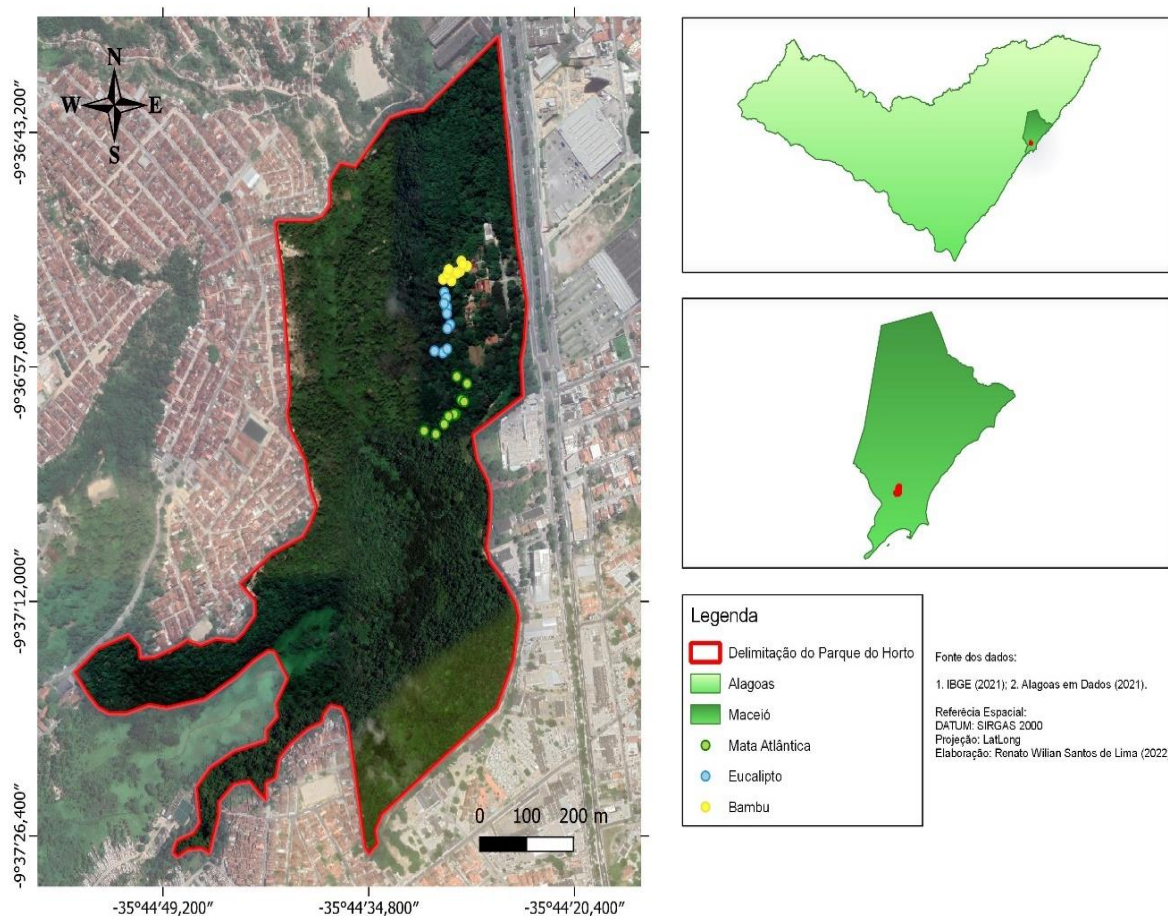
Quanto a hidrografia, a área está inserida na bacia do riacho do Silva, localizada na porção superior da bacia, na área dos tabuleiros, com topografia suave (Silva, 2011).

Constitui uma das mais importantes áreas verdes da cidade de Maceió (Lima, 2009), onde são encontrados fragmentos de Mata Atlântica com predomínio da espécie *Paubrasilia echinata* (Pau-Brasil). Neste ambiente também há uma área destinada ao plantio experimental das espécies exóticas *B. vulgaris* (bambu) e *Eucalyptus* sp. (eucalipto) (Faria; Cavalcanti, 2009).

Conforme Santana *et al.* (2020), na década de 1960, foram instalados pequenos talhões experimentais de espécies florestais nativas e exóticas, como o Pau-Brasil, em diversos locais do país, dentre os quais na área do IBAMA de Maceió, com o intuito de avaliar o comportamento das mesmas em condições de plantios homogêneos, no qual posteriormente alguns anos depois, a maior parte dessas parcelas foram abandonadas.

Os autores ainda explicam que no IBAMA, o plantio foi estabelecido em 1977 com espaçamento de 2 m x 2 m, não havendo registros de informações quanto ao preparo do solo para o plantio, adubação e tratamentos culturais realizados.

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



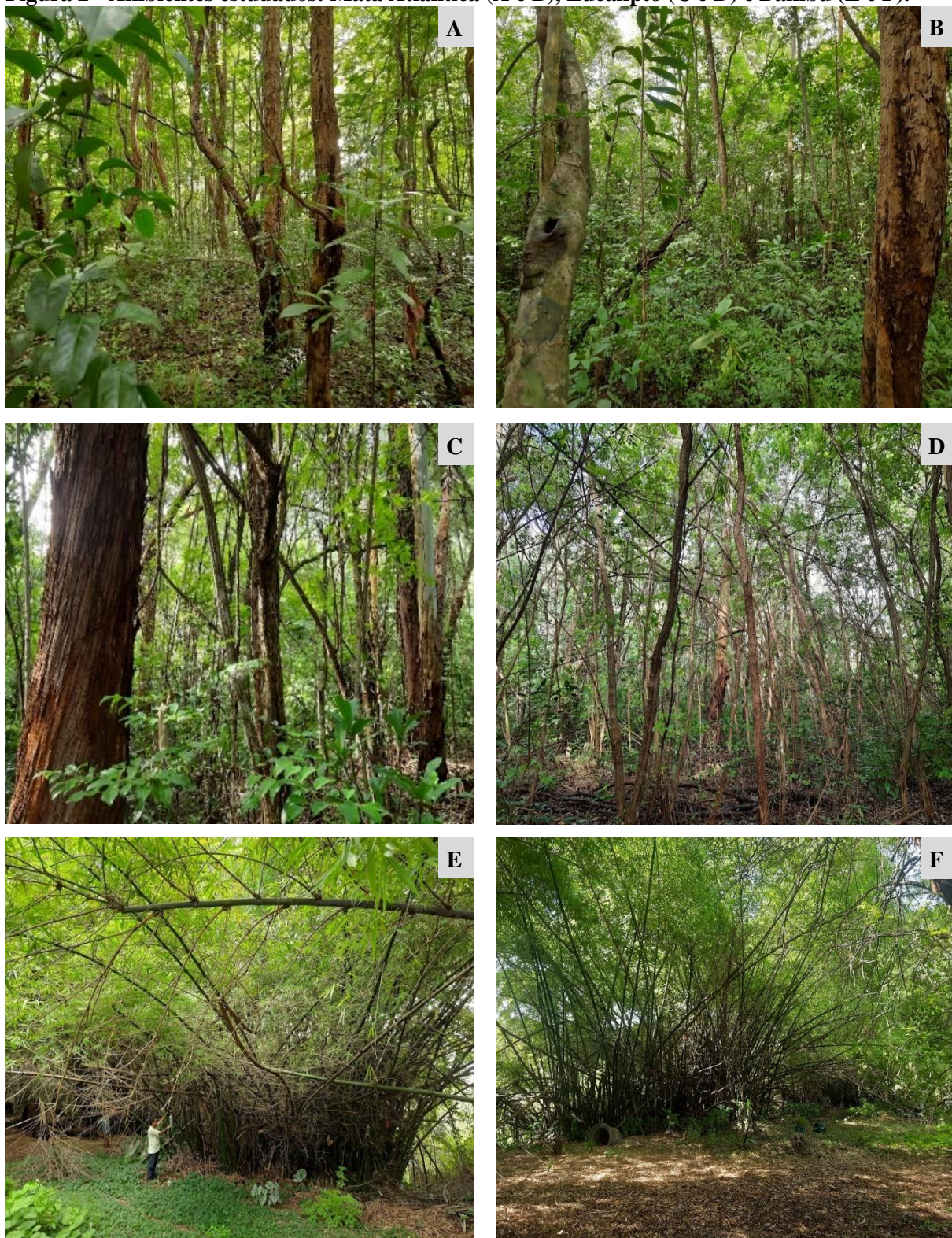
Fonte: IBGE (2021) e Alagoas em Dados (2021).
Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, jul, 2022.

Foram avaliados no Parque do Horto três ambientes distintos: 1. Mata Atlântica (com predominância de Pau-brasil), 2. *Eucalyptus* sp. (Eucalipto) e 3. *Bambusa vulgaris* (Bambu) (Figura 1). O ambiente de Mata Atlântica (Figuras 2A e 2B) é um remanescente florestal com presença destacada da espécie *Paubrasilia echinata* (Pau-Brasil), com espessa camada de serapilheira aportada ao solo, que serve de alimento e abrigo para a fauna invertebrada edáfica.

Na área de Eucalipto (Figuras 2C e 2D) as árvores apresentam porte elevado ($\cong 30$ m) com menor variedade vegetal presente na serapilheira quando comparada com o ambiente de Mata Atlântica, já que boa parte é constituída pela espécie, juntamente com *Pinus* sp. (pinheiro) e outras espécies nativas da Mata Atlântica. Destaca-se nesse ambiente a presença de um pequeno corpo d'água que corta o local.

Na área de Bambu (Figuras 2E e 2F) 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 folhas do bambu e miscelânea (material não identificado) de outras espécies vegetais. O ambiente está localizado ao lado de uma trilha ecológica, no qual torna a área mais vulnerável a ação antrópica, com o descarte irregular de lixo, uma vez que os visitantes do parque circulam livremente pelo local.

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



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, maio., 2023.

3.2 Descrição da pesquisa

3.2.1 Avaliação da taxa e intensidade do dano causado pelos herbívoros invertebrados

Para avaliação da intensidade do dano foliar causado pelos herbívoros invertebrados, foram coletados galhos com folhas de 10 matrizes, durante os meses de maio/2022, maio e outubro/2023 das espécies *P. echinata*, *Eucalyptus* sp. e *B. vulgaris* (Figura 3A), nas áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu, respectivamente. As folhas onde foram inseridas em sacolas previamente identificadas e foram posteriormente levadas ao laboratório (LabESA/IGDema/UFAL), onde foram destacadas dos galhos e, em seguida, 10 folhas de cada matriz foram sorteadas (Figura 3B) e digitalizadas em Impressora Multifuncional HP (Figuras 3C e 3D), conforme Silva (2019) e Silva (2022).

Foi feita uma avaliação qualitativa por meio da identificação dos herbívoros com base no tipo de dano na área foliar, onde foram classificados conforme a interação inseto-planta: mastigador, raspador, sugador e minador (Silva, 2019; Silva, 2022) e, quantitativa, calculando-se a taxa de herbivoria para identificação do percentual de intensidade do dano por meio do software ImageJ (Rasband, 1997), conforme a equação:

$$\text{Herbivoria (\%)} \text{ folha} = (\text{área removida}/\text{área total}) \times 100$$

A intensidade da Área Foliar Consumida (AFC) foi classificada em seis categorias: 0 (0% de AFC), 1 (0,1-6%), 2 (6,1-12%), 3 (12,1-25%), 4 (25,1-50%) e 5 (50,1-100%) (Dirzo; Dominguez, 1995). Com base na categoria foi calculado o Índice de Herbivoria (IH), conforme Dirzo e Dominguez (1995), pela equação:

$$\text{IH} = \sum(n_i * i) / N \quad (1)$$

Em que:

IH = Índice de Herbivoria;

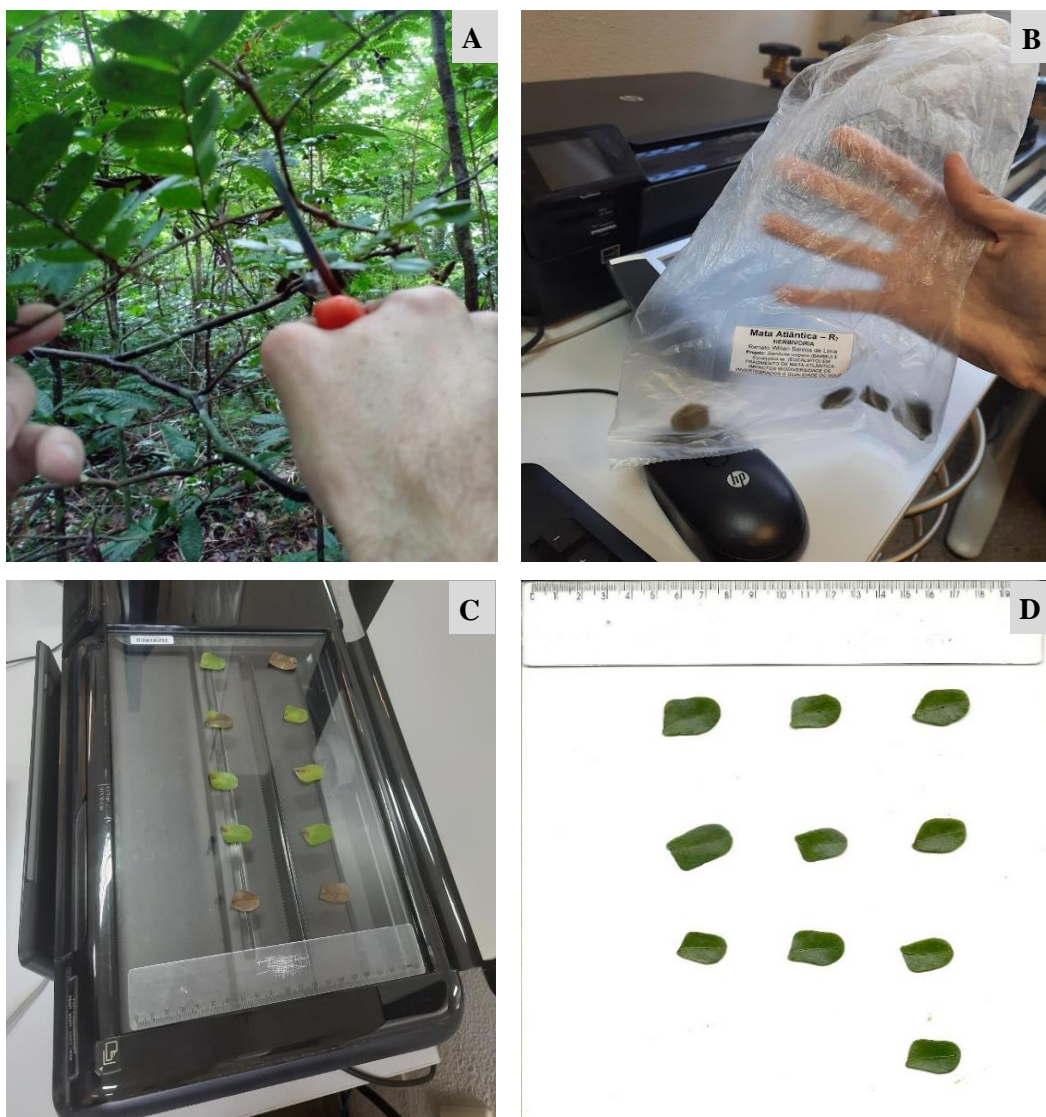
n_i = N° de folhas na categoria dano;

i = Categoria (0 a 5);

N = Número total de folhas amostradas.

O Índice de Herbivoria varia de 0 que significa baixa taxa de herbivoria na área foliar, a 5 que significa alta herbivoria com mais de 50% de sua área foliar consumida (Silva, 2019).

Figura 3 - Coleta de galhos com folhas das espécies (A), realização de sorteio das folhas a serem digitalizadas (B), digitalização das folhas na Impressora Multifuncional HP (C) e folhas digitalizadas (D).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, maio, 2022.

3.2.1.1 Composição química do material foliar e serapilheira

Foram coletadas folhas das espécies vegetais estudadas e a serapilheira, nos quais foram feitas três amostras compostas para caracterização química foliar. As amostras, foram levadas a laboratório para secagem em estufa a $\pm 65^{\circ}\text{C}$ por 72 h e moídas para posterior determinação dos teores de Lignina (LIG), Celulose (CEL) e Hemicelulose (HCEL) (Souza, 2014), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Carbono (C), conforme a metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

3.2.2 Quantificação dos organismos invertebrados

3.2.2.1 Quantificação da macrofauna aérea

Para a captura dos organismos da macrofauna invertebrada aérea foram utilizadas armadilhas Provid com três orifícios, com dimensões 5x5 cm, separados a 6 cm um do outro, nos quais foi adicionada 200 mL de solução de detergente, na concentração de 5% e 12 gotas de Formol P.A. (Formaldeído) (Sperber; Vieira; Mendes, 2003). Logo após foram instaladas na copa das árvores (Figura 4A), considerando a altura de 1,5 m do solo com distância de 3 m uma da outra (Lima Filho *et al.*, 2014), onde permaneceram em campo por 96 horas.

Figura 4 - Instalação das armadilhas (A), lavagem do material (B) e contagem dos organismos (C) da macrofauna aérea.



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, maio, 2022.

Em seguida, as armadilhas foram recolhidas e levadas para laboratório, onde o material coletado foi lavado em peneira de 0,25 mm (Figura 4B) e 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) e identificados a nível de ordem dos grandes grupos taxonômicos utilizando a chave de identificação de Triplehorn e Johnson (2011) (Figura 4C).

3.2.2.2 Quantificação dos invertebrados do solo

3.2.2.2.1 Macrofauna edáfica

Para quantificação da macrofauna edáfica foram utilizadas armadilhas Provid com quatro orifícios de dimensões 2x2 cm, na altura de 20 cm da sua base (Araujo, 2010), no qual foi adicionado 200 mL de solução de detergente, na concentração de 5% e 12 gotas de Formol P.A. (Formaldeído) (Sperber; Vieira; Mendes, 2003). Em seguida, as armadilhas foram enterradas com os orifícios ao nível da superfície do solo (Figura 5A) (Giracca *et al.*, 2003), permanecendo em campo por 96 horas.

Figura 5 - Instalação das armadilhas (A), lavagem do material (B) e contagem dos organismos (C) da macrofauna edáfica.



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, maio, 2022.

Em seguida, as armadilhas foram recolhidas e levadas para laboratório, onde o material coletado foi lavado em peneira de 0,25 mm (Figura 5B) e 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) e identificados a nível de ordem dos grandes grupos taxonômicos, utilizando a chave de identificação de Triplehorn e Johnson (2011) (Figuras 5C).

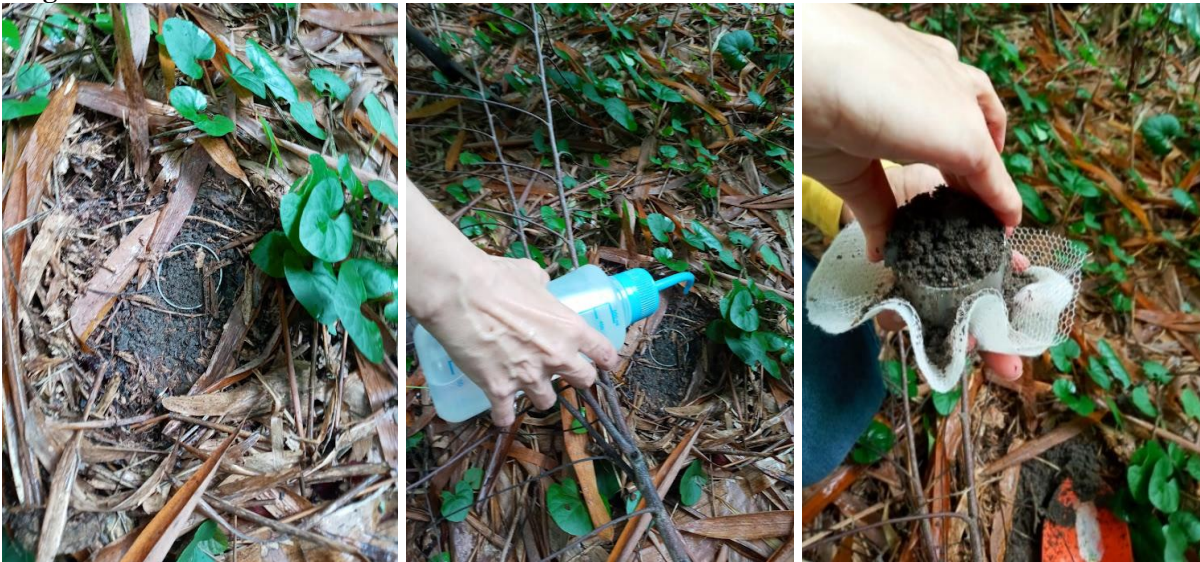
3.2.2.2.2 Macrofauna da serapilheira

Os organismos da macrofauna invertebrada da serapilheira foram capturados durante a triagem do material. Com auxílio de lupa e pinças foi feita a contagem dos invertebrados que foram armazenados em solução de álcool a 70% (Swift; Heal; Anderson, 1979) e identificados a nível de ordem dos grandes grupos taxonômicos, utilizando a chave de identificação de Triplehorn e Johnson (2011).

3.2.2.3 Quantificação da mesofauna invertebrada do solo

A mesofauna foi avaliada nos mesmos 10 pontos, nos quais foram coletadas amostras de solo + serapilheira, em uma profundidade de 0-5 cm, com o uso de anéis metálicos com diâmetro de 4,8 cm e altura de 5 cm (Figura 6).

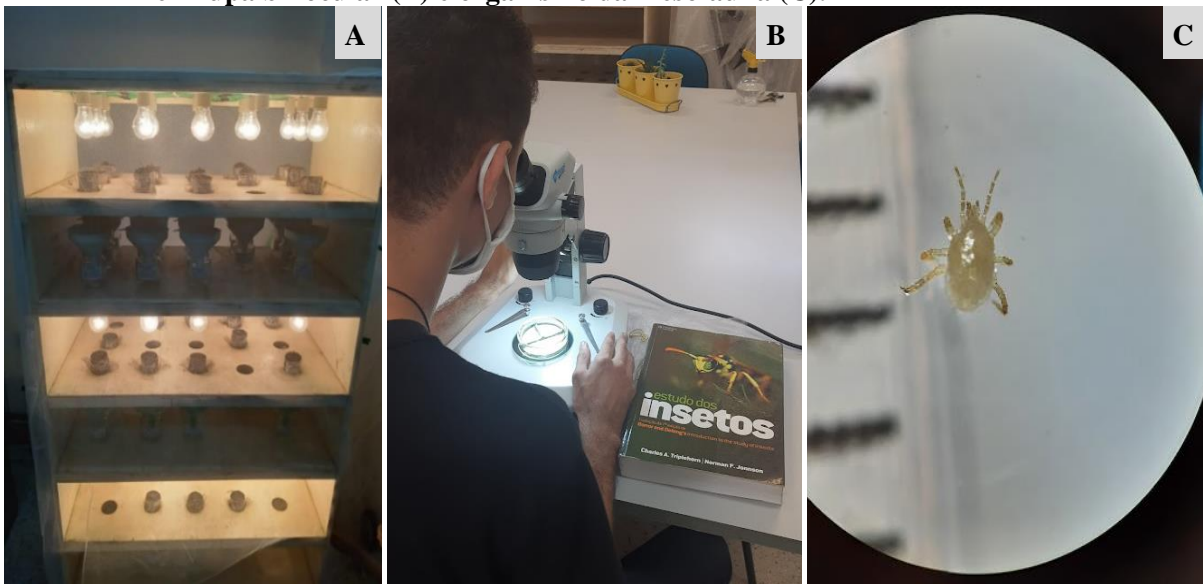
Figura 6 - Coleta de amostras do solo com os anéis metálicos.



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, maio, 2022.

Em laboratório, a mesofauna foi extraída pelo método de extratores Berlese-Tullgren modificada (Figura 7A), cujas amostras foram mantidas no extrator por 96 horas. Devido ao aquecimento produzido pelas lâmpadas incandescentes instaladas sobre as amostras de solo (Araujo, 2010), os organismos migraram para a parte inferior do solo, passando pelo funil e caindo no recipiente de vidro contendo álcool 70%.

Figura 7 - Bateria de extrator Berlese-Tullgren modificada (A) e identificação dos organismos em lupa binocular (B) e organismo da mesofauna (C).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, maio, 2022.

Os organismos capturados com comprimento entre 0,2-2,0 mm (Swift; Heal; Anderson, 1979) foram identificados a nível de ordem e contabilizados, utilizando-se lupa binocular e chave de identificação de Triplehorn e Johnson (2011) (Figuras 7B).

Para análise dos dados dos organismos invertebrados da macrofauna aérea, macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e a mesofauna do solo, foram determinados a abundância e riqueza e calculados a diversidade pelo Índice de Shannon (H) e uniformidade pelo Índice de Pielou (e).

O Índice de Shannon (H) é expresso pela equação:

$$H = -\sum p_i \cdot \log p_i \quad (2)$$

Em que:

$$p_i = n_i/N;$$

n_i = densidade de cada grupo;

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

E o Índice de Pielou (e) foi determinado pela equação:

$$e = H/\log S \quad (3)$$

Em que:

H = Índice de Shannon;

S = Número de grupos.

O Índice de Shannon (H) varia de 0 a 5, cujos menores valores indicam os grupos dominantes (Begon; Harper; Townsend, 1996). O Índice de Pielou (e) varia de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima), o que permite representar a distribuição dos indivíduos entre os grupos (Pielou, 1977).

3.2.3 Quantificação do acúmulo de serapilheira

Para o acúmulo de serapilheira, foram coletadas em cada área 10 amostras, com o auxílio de moldura de ferro (0,5 m x 0,5 m), com área de 0,25 m², lançada aleatoriamente (Souza, 2014) (Figura 8A). No qual todo o material foi acondicionado em sacos plásticos previamente identificados.

Figura 8 - Coleta (A), triagem das frações (B), secagem (C) e pesagem (D).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, ago., 2022.

Após coleta do material, as amostras foram levadas para laboratório (LabESA/IGDema/UFAL), onde foi feita a triagem (Figura 8B), separando as frações: folha (folíolo e pecíolo), galho, estrutura reprodutiva (flores e frutos) e miscelânea (material não identificado) (Figuras 9A a 9D). Após a triagem, o material foi transferido para sacos de papel e foram secos em estufa a $\pm 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas (Figura 8C), até atingirem peso constante, sendo posteriormente pesadas (Figura 8D) e quantificada a biomassa seca (Silva *et al.*, 2022).

Figura 9 - Folhas (A), galhos (B), estrutura reprodutiva (C) e miscelânea (D).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, ago., 2022.

Foram estimadas as médias mensais produzida (kg ha^{-1}) e a serapilheira acumulada foi calculada conforme Silva (2021) e Silva *et al.* (2022), pela equação:

$$B_s = (P_s/1.000) * (10.000/0,25) \quad (4)$$

Em que:

B_s = Biomassa seca (kg ha^{-1});

P_s = Peso da amostra seca (g);

1.000 = Valor de conversão de grama (g) para quilograma (kg);

10.000 = Valor correspondente a unidade amostral correspondente a um hectare (1 ha);

0,25 = Área da moldura.

3.2.4 Análise Sedimentológica

3.2.4.1 Análise Granulométrica

Após a coleta no campo, os sedimentos provenientes das áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu foram expostos à secagem em condições de temperatura ambiente, e posteriormente foi feito o peneiramento em estado seco e em estado úmido, conforme Folk e Ward (1957) e foram feitas a classificação em:

Fração cascalho: engloba as partículas, principalmente de quartzo e vestígios de matéria orgânica, que permaneceram retidas na malha da peneira de 2,0 mm durante o processo de peneiramento úmido. Fração areia: partículas retidas pela malha da peneira de 0,063 mm, peneirada a seco. Fração silte+argila: partículas que atravessaram a malha da peneira de 0,063 mm durante o processo de peneiramento úmido.

O método empregado para o peneiramento, em condições secas e úmidas, foi baseado na abordagem delineada por Suguio (1973). Para o processo de peneiramento úmido, uma quantidade de 100 g da amostra total foi pesada em balança semi analítica. Foram utilizadas peneiras com aberturas de 2,0 mm e 0,063 mm. As amostras foram dispostas sobre as peneiras e lavadas com água corrente, visando a separação das frações: cascalho, areia e silte+argila. Os resíduos retidos nas peneiras e no recipiente plástico foram transferidos para Becker, rotulados, e nos quais ficaram em repouso para decantação. Em seguida, as amostras foram levadas para secagem em estufa a 60 °C.

Para o peneiramento seco, as amostras retidas na peneira 0,063 mm, foram pesadas e inseridas no agitador de peneiras. Foram utilizadas as peneiras com malha de dimensão: 1,0 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm e 0,063 mm. Esse conjunto de peneiras serviu para separar, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina, respectivamente. Após todo o procedimento o material foi pesado novamente e os resultados plotados em uma ficha de análise granulométrica.

3.2.4.2 Distribuição Fáciológica

A distribuição sedimentar faciológica na região de estudo foi estabelecida com base nos dados das proporções das diferentes classes de textura, por meio da aplicação do triângulo de classificação Shepard (1954).

3.2.4.3 Análise morfoscópica

Para a análise morfoscópica, separou-se 100 grãos de sedimentos de 30 amostras sendo 10 em cada área estudada, nos quais foram submetidos a lavagem em água corrente. Após secagem, as amostras foram identificadas com estereomicroscópio (lupa binocular) sob luz refletida e aumento de 40 X, e observados os parâmetros: arredondamento, esfericidade e textura superficial (Tucker, 1995).

Para a classificação de arredondamento foi utilizada a escala de Scholle (1979), que é subdividida em 6 classes: muito anguloso (0,5), anguloso (1,5), subanguloso (2,5), subarredondado (3,5), arredondado (4,5) e bem arredondado (5,5). Para o grau de esfericidade foram definidas as categorias: alta, média e baixa. E na classificação textural superficial foi usado a tabela de acordo com Reineck e Singh (1980), que define as texturas em: fosca e brilhantes.

3.2.5 Composição física e química do solo

3.2.5.1 Realização de análise física do solo

Para caracterização física do solo das áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu, foram coletadas amostras de solo na profundidade 0-10 cm, com auxílio de pá de jardinagem (Figura 10). Nos quais foram armazenadas em sacos plásticos, etiquetadas e encaminhadas ao laboratório, para determinação dos atributos físicos: areia, silte e argila (g kg^{-1}), densidade do solo (g cm^{-3}), densidade de partícula (g cm^{-3}), porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), capacidade de campo (0,33 MPa), ponto de murcha permanente (1,5 MPa) e água disponível (%) (Teixeira *et al.*, 2017).

3.2.5.2 Realização de análise química do solo

Para a caracterização química do solo foram avaliados os macro e micronutrientes do solo: pH (em água), teores de sódio, magnésio, alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), fósforo, potássio, cálcio

(mg dm⁻³), matéria orgânica e acidez potencial (H+Al³⁺). Com base nos resultados foram calculados a soma de bases (S=Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺), capacidade de troca de cátions (CTC=S+H+Al³⁺) e saturação por bases (V%=100S/CTC) (Teixeira *et al.*, 2017).

Figura 10 - Coleta de amostras de solo.



Fotos: Radjalma Almerino dos Santos, maio, (2022).

3.2.6 Avaliação das variáveis edafoclimáticas

3.2.6.1 Conteúdo de Água do Solo (CAS)

Foram realizadas determinações do Conteúdo de Água do Solo (CAS) mediante coletas de amostras de solo na profundidade 0-10 cm, nos mesmos pontos de coleta da macro, mesofauna edáfica e serapilheira, as quais foram acondicionadas em cápsulas de alumínio previamente identificadas (Figura 11A). Em laboratório, as amostras foram pesadas em balança analítica para obtenção do peso úmido (Figura 11B) e, em seguida, levadas para estufa sem circulação de ar para secagem a 105 °C, durante 24 horas (Figura 11C) e novamente pesadas para obtenção do peso seco, conforme a recomendação de Tedesco *et al.* (1995). Os dados foram calculados pela equação:

$$\text{CAS\%} = ((\text{Pu}-\text{Ps})/\text{Ps}) * 100 \quad (5)$$

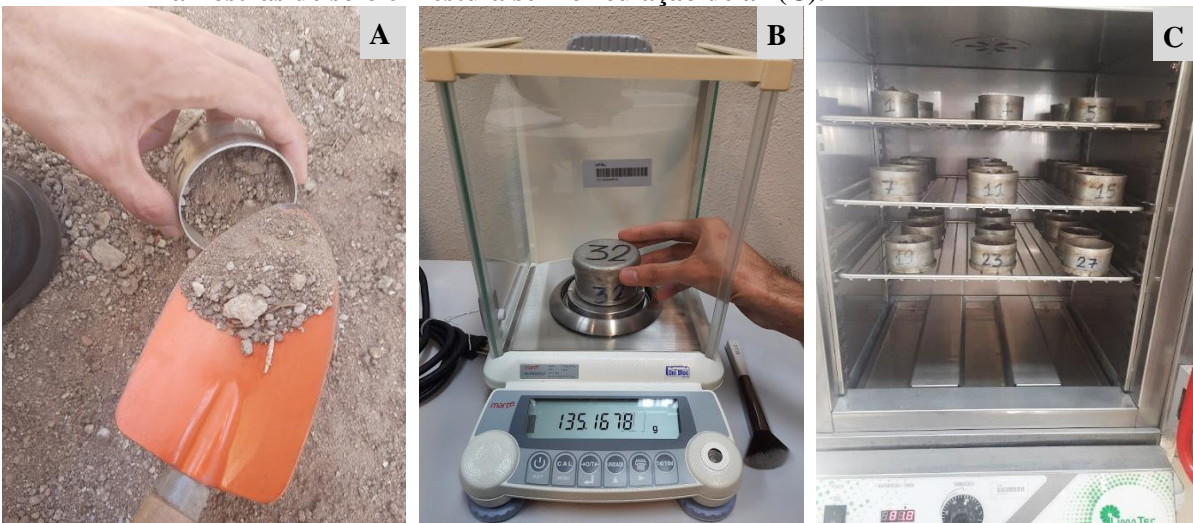
Em que:

CAS = Conteúdo de água do solo (%);

Pu = Peso do solo úmido (g);

Ps = Peso do solo seco (g).

Figura 11 - Coleta das amostras de solo (A), pesagem em balança analítica (B) e secagem das amostras de solo em estufa sem circulação de ar (C).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, out., 2023.

3.2.6.2 Temperatura do solo e precipitação pluvial

Em razão da maior atividade dos organismos edáficos na camada superficial do solo, as medidas de temperatura do solo foram realizadas na profundidade 0-10 cm, com termômetro digital espeto nos três ambientes (Figura 12A). Também foram obtidos dados de precipitação pluvial do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e da estação meteorológica do LabESA/IGDema/UFAL (Figura 12B).

Figura 12 - Medição da temperatura do solo (A) e painel da estação meteorológica (B) do LabESA/IGDema/UFAL.



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, out., 2023.

3.3 Análise estatística

Todos os dados foram testados quanto sua normalidade (Shapiro-Wilk) e foi constatado que a maioria das variáveis, mesmo após transformações usando logaritmo ("log") e raiz quadrada ("sqrt"), não apresentaram normalidade. Neste caso, foi assumido que os dados não são normais. Para responder as hipóteses foram realizados os seguintes testes e/ou predições.

Predição 1a: que a abundância dos invertebrados seja maior na área de Mata Atlântica, quando comparada as áreas de Eucalipto e Bambu. Predição 1b: que a riqueza dos invertebrados seja maior na área de Mata Atlântica, quando comparada as áreas de Eucalipto e Bambu. Predição 1c: que a diversidade dos invertebrados seja maior na área de Mata Atlântica, quando comparada as áreas de Eucalipto e Bambu. Predição 1d: que a uniformidade dos invertebrados seja maior na área de Mata Atlântica, quando comparada as áreas de Eucalipto e Bambu. Predição 1e: que as variáveis físico-químicas do solo sejam menores nas áreas com espécies exóticas.

Predição 2a: que na área de Mata Atlântica seja encontrada uma variedade maior de tipos de danos de herbívoros invertebrados em comparação com as áreas com espécies exóticas. Predição 2b: que na área de Mata Atlântica seja encontrada maior quantidade de nutrientes quando comparada com as áreas com espécies exóticas.

Para testar a hipótese 1, foi realizada a análise de Kruskal-Wallis e teste post-hoc de Dunn com ajuste de Bonferroni, que são testes não-paramétricos, ao nível de 5% ($\alpha = 0,05$), com a intenção de verificar se houve ou não diferença estatística desses dados nas três áreas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) e nos três meses (maio/2022, maio/2023 e outubro/2023). Foi considerado, separadamente, áreas e meses como fatores. Abundância, riqueza, diversidade e uniformidade foram consideradas variáveis respostas, e as variáveis explicativas foram: CAS, TS, PP e as variáveis físico-química do solo.

Para a hipótese 2, foi realizada uma correlação de Spearman, com a intenção de verificar se há relação entre as variáveis dependentes (TH e IH) e as variáveis independentes (N, P, K, C, C:N, LIG, CEL e HCEL). A interpretação dos resultados da correlação de Spearman foi baseada nos critérios de significância e classificação propostos por Dancey e Reidy (2006), sendo a correlação: fraca ($r \leq 0,399$), moderada ($r \geq 0,400 \leq 0,700$) ou forte ($r \geq 0,701$).

Todos os testes e a correlação foram realizados no 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). E para os gráficos foi utilizada a função corrplot (Wei; Simko, 2021), do pacote GGally (Schloerke *et al.*, 2022).

Foi quantificado o índice de similaridade de Bray-Curtis para comparação da abundância das três áreas na macrofauna aérea, edáfica e da serapilheira e a mesofauna. Este índice é expresso como uma proporção de similaridade ou dissimilaridade na abundância das espécies e/ou grupos (Rodrigues, 2023). 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, 2023), 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.

Para a riqueza da macrofauna (aérea, edáfica e da serapilheira) e da mesofauna foram elaborados diagramas de Venn, pela plataforma on-line Bioinformatics & Evolutionary Genomics e editados pelo software Inkscape 1.3.2.

Quanto aos parâmetros estatísticos granulométricos foram considerados os valores que representam os sedimentos capturados pelas peneiras, onde foram elaborados histogramas e curvas acumulativas utilizando o Software Sysgran 3.0 (Camargo, 2006), que se baseia nas fórmulas dos parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957). Os resultados dos parâmetros de classificação dos grãos (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) foram correlacionados em cada amostra possibilitando a distinção de influência dos diferentes ambientes, associando aos níveis de energia no transporte e deposição de sedimentos.

E foi realizada correlação de Spearman para verificar se houve relação entre as variáveis dependentes (abundância, riqueza, diversidade e uniformidade da macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna) e as variáveis independentes (areia, assimetria, cascalho, curtose, diâmetro médio, finos e grau de seleção).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da taxa e intensidade do dano causado pelos herbívoros invertebrados

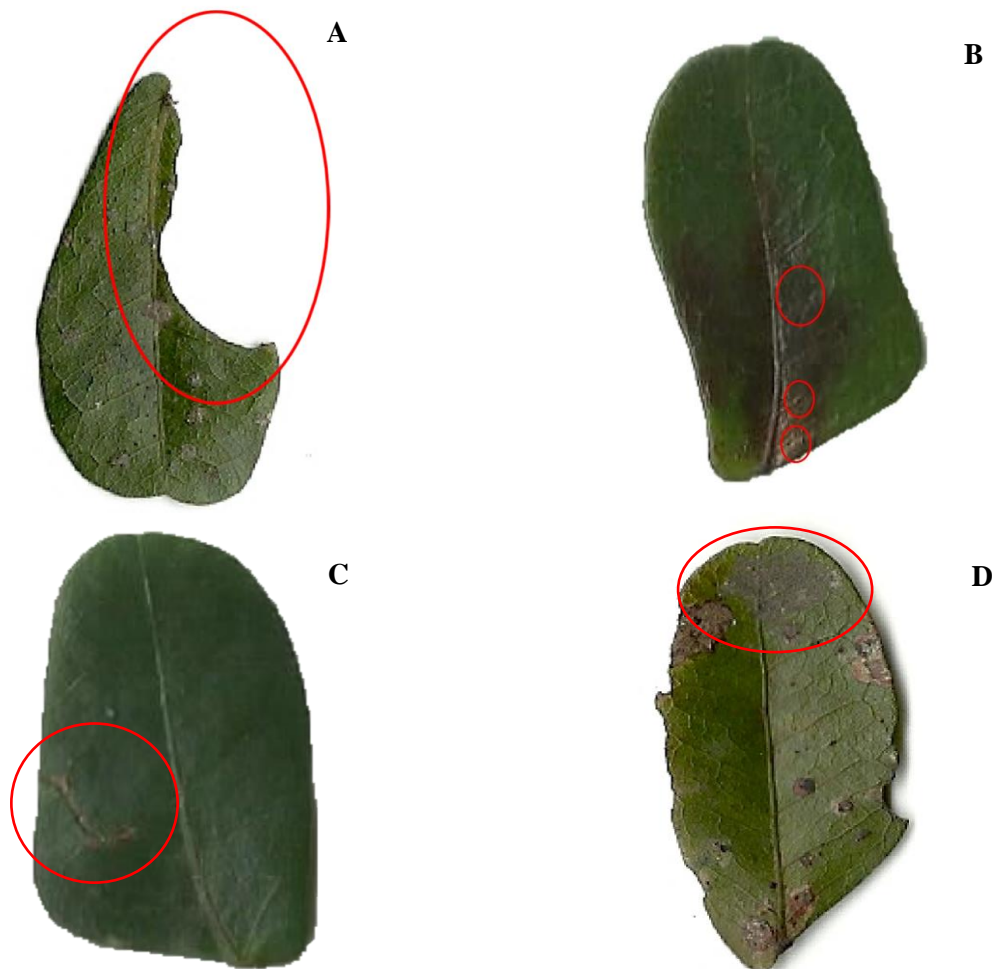
Na avaliação qualitativa foram identificados os tipos de danos foliares causado pelos herbívoros invertebrados, no qual são classificados conforme a interação inseto-planta como: mastigador (aquele que corta/retira parte do material vegetal) (Figuras 13A, 14A e 15A), sugador (que faz sucção da seiva elaborada) (Figuras 13B, 14B e 15B), minador (que se alimenta da epiderme da folha e reside nela) (Figuras 13C, 14C e 15C) e raspador (perda da camada superficial da folha) (Figura 13D) (Silva, 2019; Silva, 2022).

Estes variados modos de consumo afetam as plantas de diferentes maneiras. Os mastigadores, por exemplo, reduzem diretamente a área de tecido fotossintético limitando o desenvolvimento pleno da planta, os insetos sugadores de seiva afetam o fluxo de fluidos e nutrientes no interior da planta (Schowalter, 2011), gerando oxidação e morte de uma área consideravelmente grande dos tecidos foliares (Meloni, 2008). No caso dos minadores, os mesmos atacam folhas jovens, causando problemas no seu desenvolvimento natural, como o secamento das folhas, impedindo a realização de fotossíntese e, conseqüentemente, diminuindo a produção de flores e frutos, atrelado a isso, as minas facilitam a entrada de bactérias na planta, prejudicando o crescimento da mesma (Soares; Weiser, 2020). E os raspadores consomem a face dorsal das folhas (Menezes; Peixoto, 2009), afetando o crescimento e o processo de fotossíntese da planta.

Em vez de agirem como vítimas passivas nestas interações, as plantas respondem à herbivoria com a produção de toxinas (ex.: taninos, fenóis, terpenoides e alcaloides) que visam alterar os processos fisiológicos do inseto (Howe; Jander, 2008). Além dessas defesas químicas, as plantas podem também usar defesas físicas como espinhos, camadas lignificadas, tricomas foliares, especializações estruturais, entre outros como mecanismos de defesa antiherbivoria (Meloni, 2008).

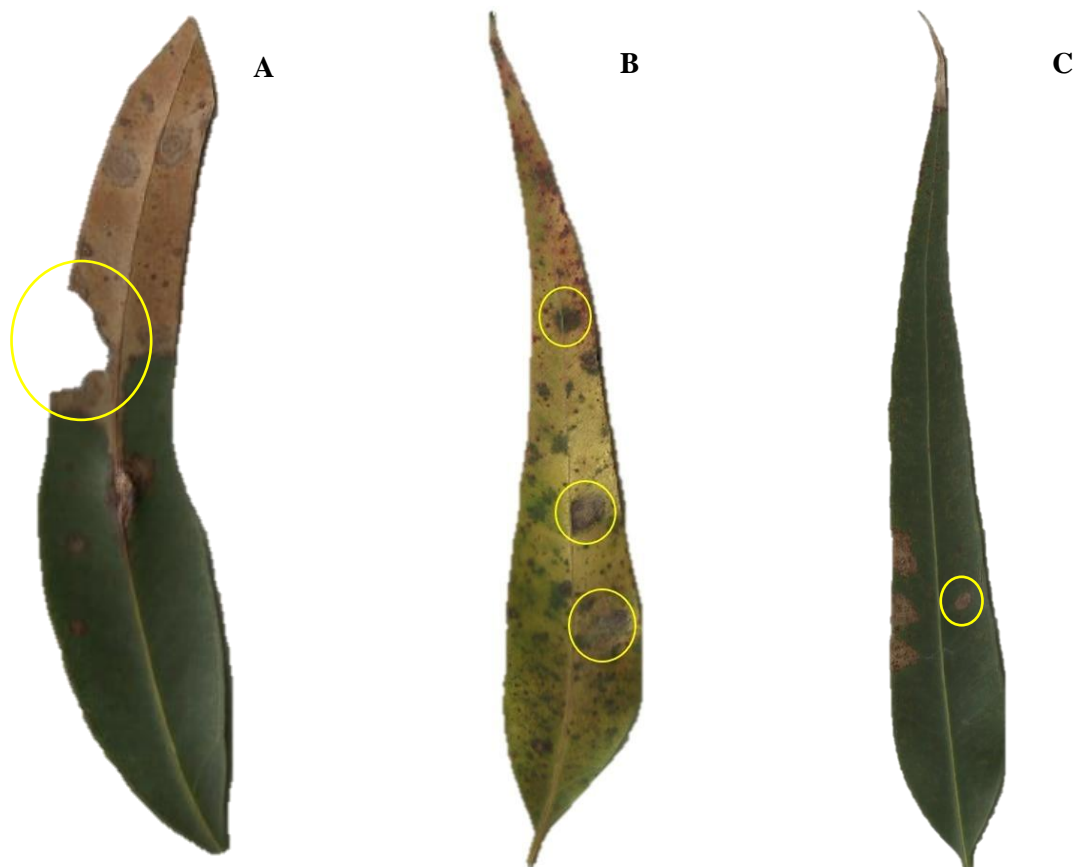
Cabe também mencionar que as variáveis edafoclimáticas (ex.: temperatura, precipitação pluvial e umidade) e perturbações naturais ou antrópicas podem exercer efeitos sobre a estrutura da comunidade de plantas e de inimigos naturais dos insetos herbívoros (Andrade, 2020). Assim como, a composição química nutricional da planta também é um fator determinante na interação inseto-planta (Gullan; Cranston, 2017).

Figura 13 - Folhas de Pau-brasil (Mata Atlântica) (A, B, C e D) consumida por herbívoros invertebrados: mastigador (A), sugador (B), minador (C) e raspador (D).



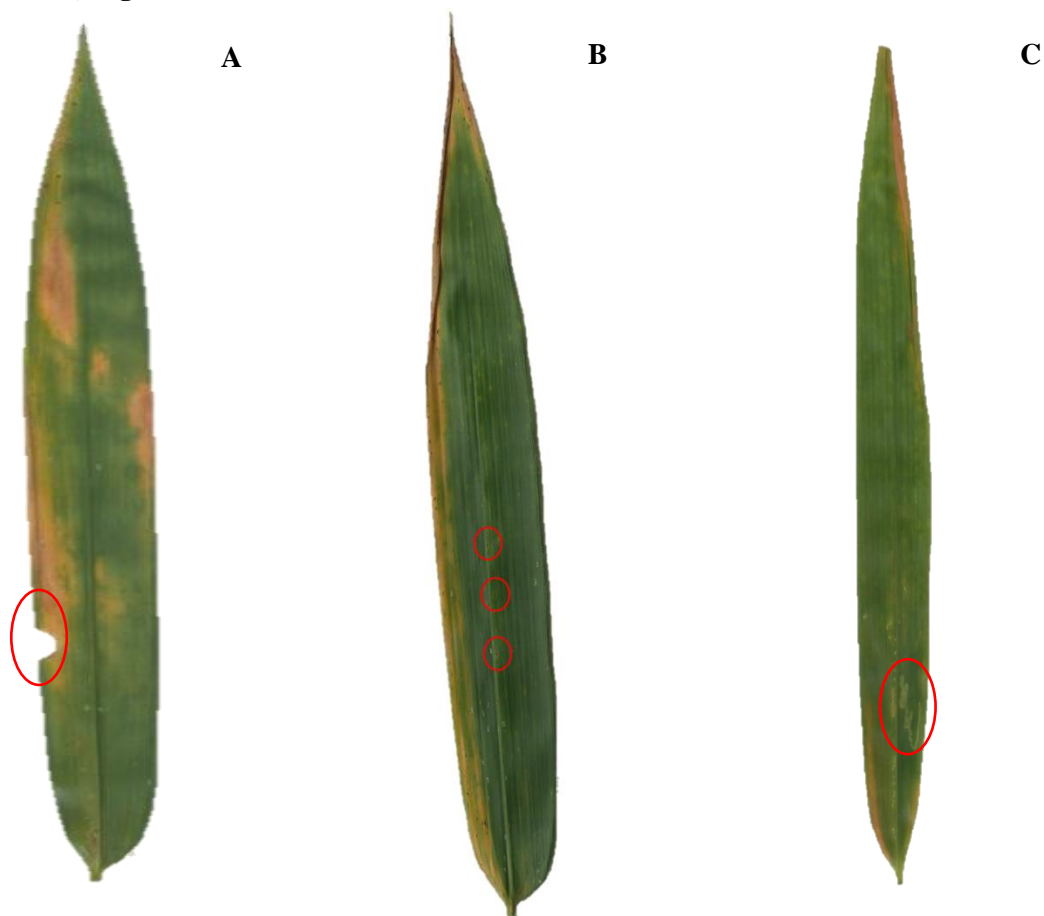
Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, nov., (2023).

Figura 14 - Folhas Eucalipto (A, B e C) consumida por herbívoros invertebrados: mastigador (A), sugador (B) e minador (C).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, nov., (2023).

Figura 15 - Folhas de Bambu (A, B e C) consumida por herbívoros invertebrados: mastigador (A), sugador (B) e minador (C).

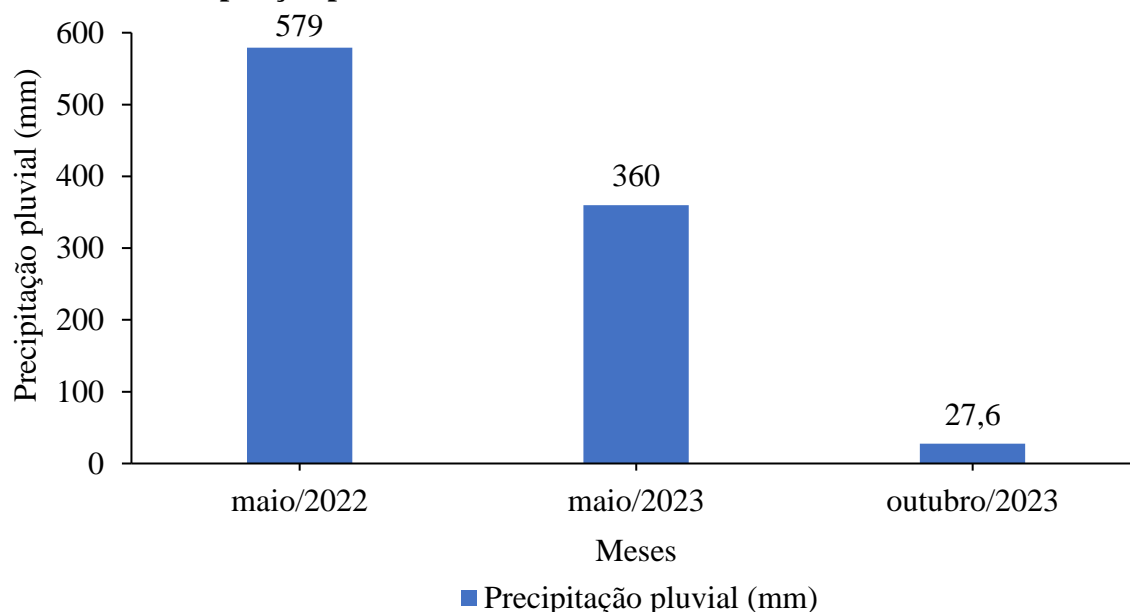


Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, nov., (2023).

Na avaliação qualitativa foi verificado que nas matrizes de Pau-brasil (Mata Atlântica), os herbívoros sugadores foram os mais presentes no dano foliar da espécie, especialmente no mês de out./2023 (Gráfico 2A), no qual a precipitação pluvial correspondeu apenas 27,6 mm (Gráfico 1), sendo desta forma observada influência da variação sazonal, uma vez que conforme diminuiu a precipitação (Gráfico 1) aumentou o dano sugador na espécie (Gráfico 2A).

Avaliando a herbivoria da espécie *Xylopiia sericea* (pindaíba vermelha), no sub-bosque de um plantio de eucalipto (ambiente menos complexo) e em borda de fragmento de Floresta Atlântica de Baixada (ambiente mais complexo) nos períodos chuvoso e seco, Nascimento *et al.* (2011) constataram que houve variação sazonal no consumo das folhas mais jovens, tanto em ambiente mais complexo (mata nativa) quanto em ambiente menos complexo (plantio de eucalipto), o que demonstra que a variação sazonal é um fator determinante na avaliação da herbivoria na Mata Atlântica.

Gráfico 1 - Precipitação pluvial nos meses estudados.



Fonte: INMET (2023).

Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Além da variação sazonal, os maiores teores de Nitrogênio ($17,80 \text{ g kg}^{-1}$) favoreceram as folhas do Pau-brasil serem mais palatáveis para os herbívoros invertebrados (Tabela 1), uma vez que o N é rico em aminoácidos livres e açúcares redutores, substâncias essenciais para sobrevivência dos herbívoros (Oliveira *et al.*, 2009). Esses teores estão dentro dos limiares considerados adequados para o nitrogênio em ambientes florestais ($12\text{-}35 \text{ g kg}^{-1}$) (Costa *et al.*, 2022). Oliveira *et al.* (2009) explicam que tanto o excesso quanto a deficiência de nitrogênio

impactam a planta, no primeiro caso deixando mais propensas a ataques por herbívoros, ou limitando o crescimento da planta e no ciclo de vida dos insetos que se alimentam da mesma.

Outro dano foliar que ocorreu no Pau-brasil, foram provocados pelos minadores, mais atuantes no período chuvoso, notadamente em maio de 2022 (Gráfico 2A), favorecidos pela maior precipitação pluvial (579 mm) (Gráfico 1). Padrão também observado por Araújo (2013) ao estudar a distribuição dos herbívoros invertebrados em sistemas Neotropicais.

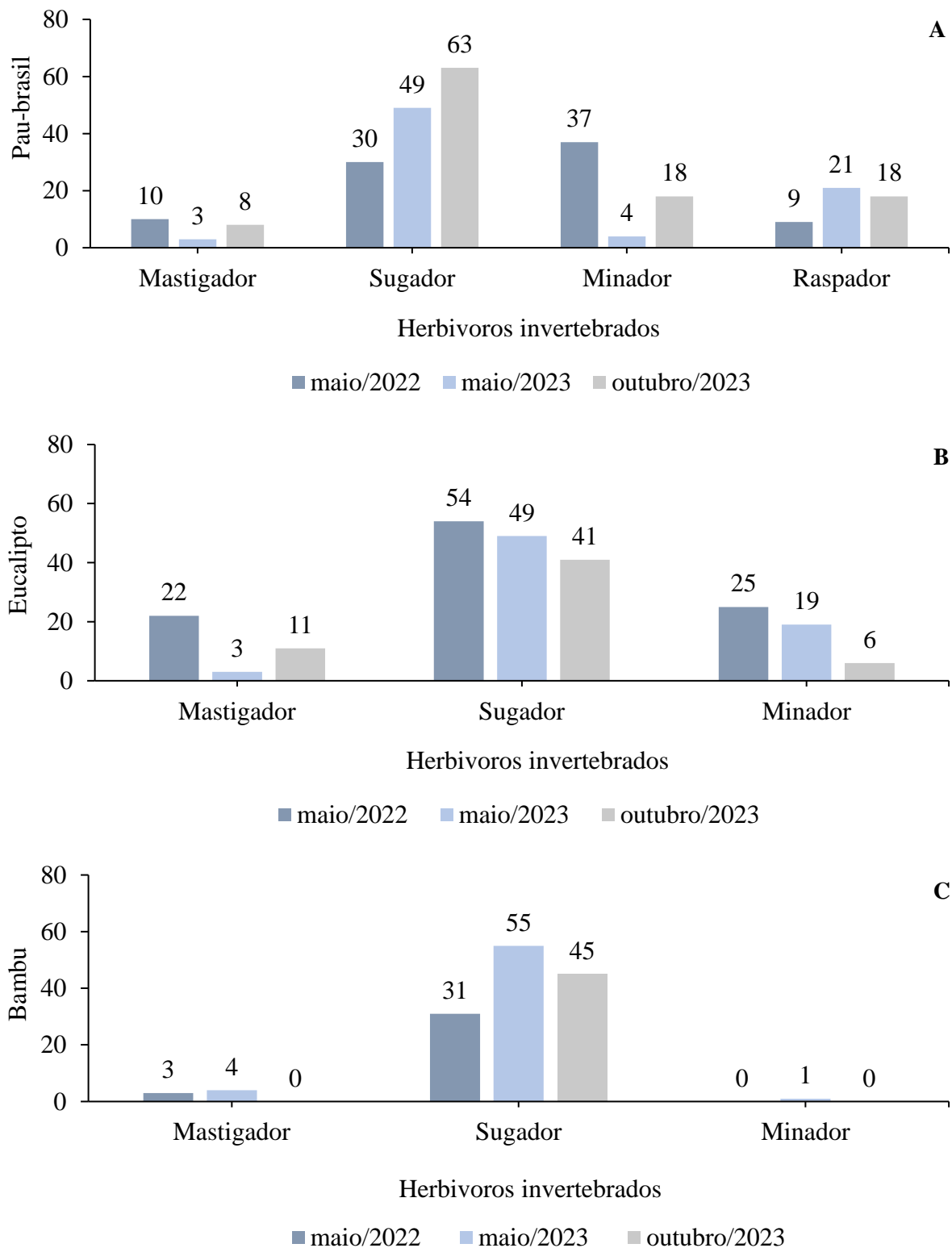
Na literatura é possível verificar que esses indivíduos possuem comportamento especialista, e são seletivos quanto a habitat e alimento (Araújo, 2013; Delgado *et al.*, 2022; Silva, 2019). Soares e Weiser (2020) pontuam que os minadores têm preferência por atacar folhas mais jovens, como é caso das folhas de Pau-brasil (Mata Atlântica) coletadas no Parque do Horto de Maceió, causando problemas no seu desenvolvimento natural, como o secamento das folhas, impedindo a realização da fotossíntese, diminuindo a produção de flores e frutos. Os grupos de invertebrados mais comuns a este tipo de dano foliar são os lepidópteros, dípteros, coleópteros e os himenópteros (Soares; Weiser, 2020).

Na área de Eucalipto foi verificado danos constantes causados por herbívoros sugadores, independente do período de coleta (chuvoso ou estiagem), com pequenos decréscimos conforme houve queda na precipitação, sendo 54 folhas com danos em maio de 2022, 49 em maio de 2023 e 41 em out./2023 (Gráficos 1 e 2B). Já os danos provocados por herbívoros minadores, que possuem hábitos especialista, somente apresentaram valores elevados no período chuvoso (maio de 2022 e 2023) com 44 folhas afetadas (Gráfico 2B).

No Bambu foi observado maior dano causado por sugadores em todos os meses avaliados, com destaque para o período chuvoso, no qual apresentou maior quantidade de folhas consumidas (Gráfico 2C), no entanto, foi a espécie com menos danos foliares.

A menor atuação de insetos em folhas de espécies de gramíneas, como o Bambu, decorre de características comum a mesma, como: folhas estreitas, menor complexidade estrutural e alto teor de sílica (Deus, 2017), o que inibe a atuação dos herbívoros.

Gráfico 2 - Classificação dos herbívoros invertebrados pelo tipo de dano foliar causado nas folhas das espécies *Paubrasilia echinata* (Mata Atlântica) (A), *Eucalyptus* sp. (B) e *Bambusa vulgaris* (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

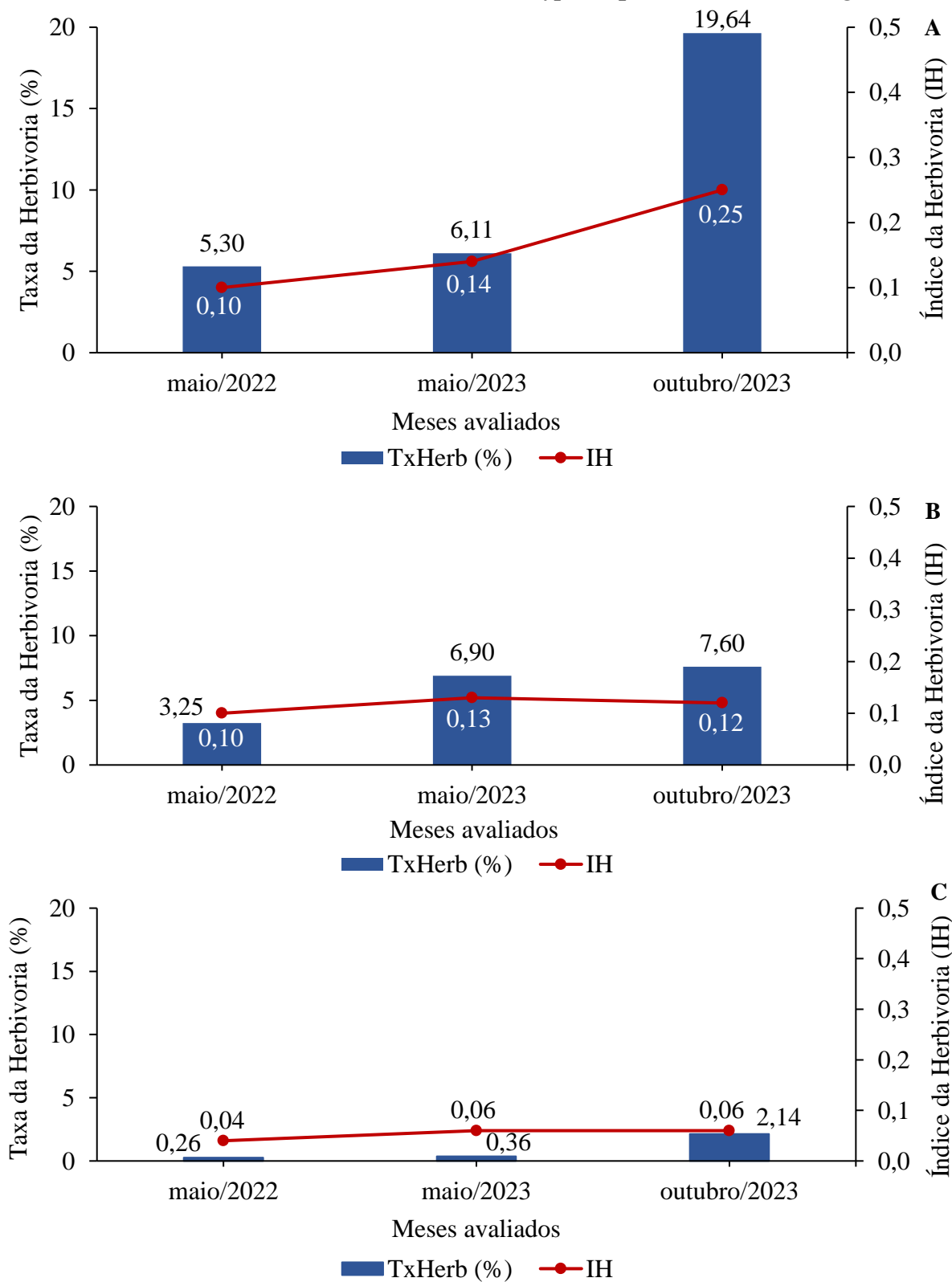
Por meio da análise quantitativa da herbivoria (Taxa de Herbivoria) nas folhas das espécies de Pau-brasil, Eucalipto e Bambu foi verificada variação no consumo foliar entre os meses avaliados. De modo que no período de estiagem (out./2023) a Taxa de Herbivoria foi maior em todas as áreas, principalmente para o Pau-brasil (Gráficos 3A a 3C).

Em estudo sobre a taxa de herbivoria em três áreas com diferentes estádios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa (secundária inicial, secundária médio e remanescente florestal climáx), no município de Siderópolis, Santa Catarina, Flor (2013) encontrou maiores índices durante o verão e o outono, notadamente no remanescente florestal climáx. O autor enfatiza que além das variáveis edafoclimáticas, como temperatura, a disponibilidade de recursos na área favorece maiores ataques por parte dos herbívoros, já que plantas que crescem em ambientes com mais recursos ou em florestas próximas ao seu clímax, tem maior investimento no seu crescimento e menos em defesas contra a herbivoria.

O mesmo foi constatado para a espécie Pau-brasil que está localizada em uma área com mais recursos quando comparada aos ambientes com espécies exóticas (Bambu e Eucalipto). O outro fator que contribui para uma maior taxa de dano foliar nesta área, é que estas folhas são mais jovens, uma vez que o Pau-brasil é uma espécie de lento crescimento (Santana *et al.*, 2020), notadamente quando comparada com espécies como Bambu e Eucalipto (Drumond; Wiedman, 2017; Oliveira; Pinto Júnior, 2021; Santana *et al.*, 2020). Coley e Barone (1996) explicam que folhas jovens são mais vulneráveis aos ataques dos herbívoros invertebrados, uma vez que ainda não desenvolveram suas defesas, como nas folhas maduras, que se utilizam de taninos para retardar o crescimento dos herbívoros, tornando-os mais vulneráveis a predadores e parasitoides.

Outra característica das plantas jovens é que apresentam menores teores de celulose e hemicelulose, e maiores teores de lignina (Cuzzuol *et al.*, 2013; Zobel; Sprague, 1998). Esse padrão foi constatado na composição química foliar do Pau-brasil, onde as folhas da espécie apresentaram 23,62% de celulose, 16,84% de hemicelulose e maiores percentuais de lignina (30,64%) quando comparados com as espécies de Bambu e Eucalipto (Tabela 1).

Gráfico 3 - Taxa de herbivoria (%) e Índice de herbivoria das espécies *Paubrasilia echinata* (Mata Atlântica) (A), *Eucalyptus* sp. (B) e *Bambusa vulgaris* (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Na composição química foliar do Eucalipto e do Bambu, os teores de Carbono (C), Relação C/N (C:N), Celulose (CEL) e Hemicelulose (HCEL) foram superiores aos encontrados no Pau-brasil (Mata Atlântica) (Tabela 1), conferindo menor palatabilidade para estas espécies, uma vez que os invertebrados dão preferência para espécies com maiores teores de N e menor relação C:N por serem mais nutritivas (Nascimento, 2011; Silva, 2021), como foi o caso do Pau-brasil (Gráficos 2 e 3).

Tabela 1 - Composição química foliar

Espécies	N	P	K	C	C:N	LIG	CEL	HCEL
g kg ⁻¹%.....			
Pau-Brasil	17,80	0,40	2,10	212,45	11,96	30,64	23,62	16,84
Eucalipto	16,90	0,65	4,60	238,45	14,17	24,76	38,01	17,12
Bambu	17,00	0,80	3,20	243,50	14,33	19,84	33,34	27,85

Legenda: N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; C: Carbono; C:N: Relação Carbono/Nitrogênio; LIG: Lignina; CEL: Celulose; HCEL: Hemicelulose.

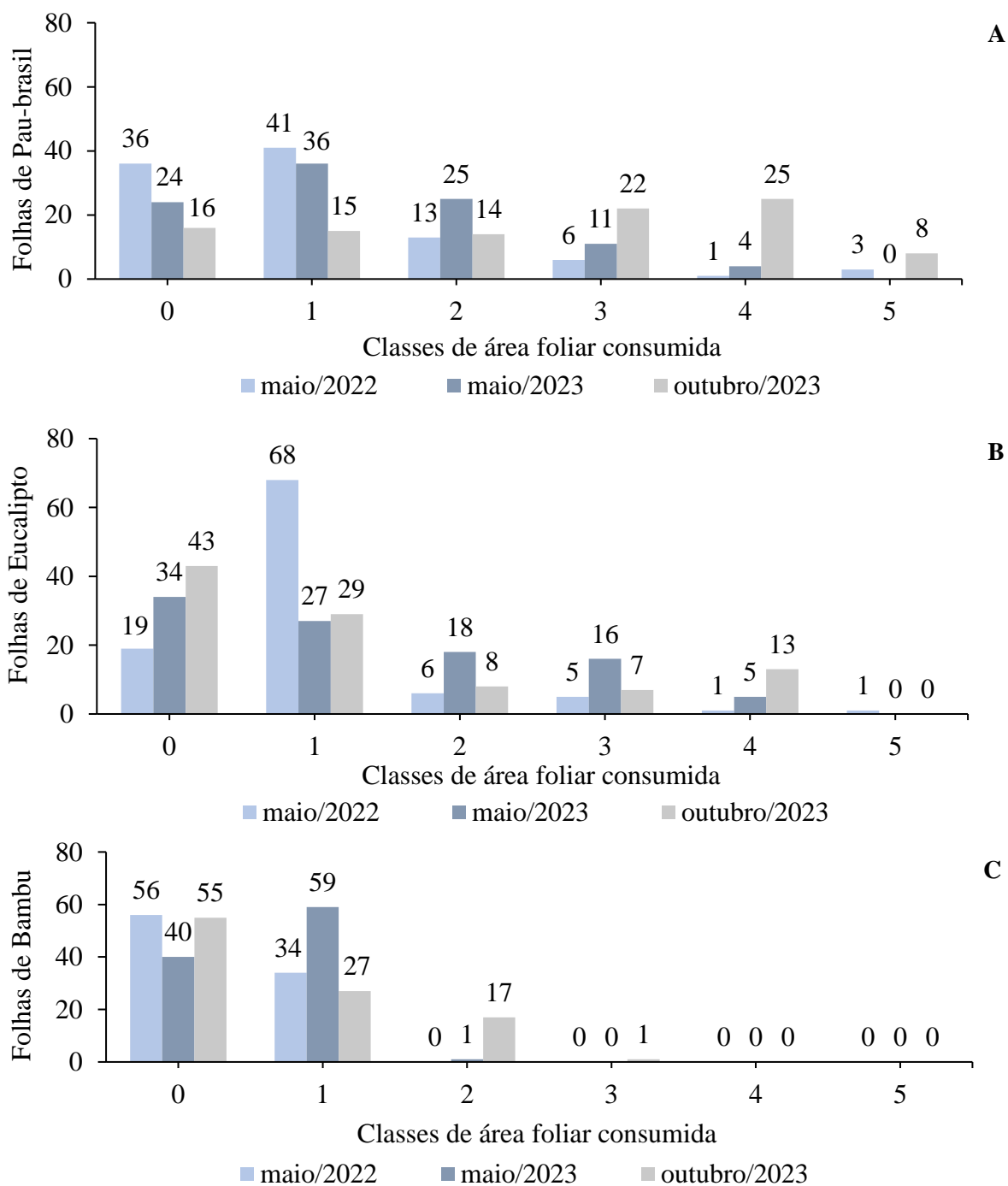
Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, jun., 2023.

A preferência dos invertebrados pelo Pau-brasil pode ser também constatada pelo número de folhas consumidas (Gráfico 4A). Conforme as classes/categorias estabelecidas por Dirzo e Domingues (1995), a intensidade da Área Foliar Consumida (AFC) varia de 0 (0% da AFC), 1 (0,1-6%), 2 (6,1-12%), 3 (12,1-25%), 4 (25,1-50%) e 5 (50,1-100%), onde 0 significa nenhum dano na área foliar e 5 significa alta herbivoria com mais de 50% da área foliar consumida (Silva, 2019).

Nas folhas de Pau-brasil a intensidade da herbivoria oscilaram entre 0,10 e 0,25 (Gráfico 3A), correspondendo a um consumo de 0,1 a 6% na classe 1 e 6,1 a 12% na classe 2 (Gráfico 4A), indicando que esta espécie foi submetida a moderada herbivoria pelos invertebrados.

As espécies exóticas, Eucalipto e Bambu tiveram baixas intensidades da herbivoria, onde o Eucalipto oscilou entre 0,10 e 0,13 (Gráfico 3B), e o Bambu entre 0,04 e 0,06 (Gráfico 3C), ambas predominantemente nas classes 0 e 1 (Gráficos 4B e 4C), com 0% de dano foliar na classe 0 e 0,1 a 6% na classe 1, refletindo na baixa herbivoria pelos invertebrados.

Gráfico 4 - Número de folhas das espécies *Paubrasilia echinata* (Mata Atlântica) (A), *Eucalyptus* sp. (B) e *Bambusa vulgaris* (C) de acordo com as Classes da Área Foliar Consumida pelos herbívoros invertebrados.



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

4.1.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da herbivoria e composição química das folhas

Após os resultados dos testes estatísticos comparando as três áreas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) e os três meses (maio/2022, maio/2023 e out./2023) ficou constatado que a taxa e o índice de herbivoria e a composição química foliar apresentaram diferença entre as áreas em relação ao teste de Kruskal-Wallis. Para os meses somente a Taxa de Herbivoria e o Índice de Herbivoria apresentaram diferença, enquanto as variáveis da composição química foliar não se diferenciaram (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para a Herbivoria e composição química foliar para áreas e meses

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
TH	46.097	16.54	2	2	9.776 e ⁻¹¹ *	0.0002561 *
IH	40.519	8.3316	2	2	1.59 e ⁻⁰⁹ *	0.01552 *
TDF	1.0933	2.4465	2	2	0.5789 ns	0.2943 ns
N	24.868	0	2	2	3.982 e ⁻⁰⁶ *	1 ns
P	68.219	0	2	2	1.536 e ⁻¹⁵ *	1 ns
K	56.279	0	2	2	6.013 e ⁻¹³ *	1 ns
C	66.114	0	2	2	4.4 e ⁻¹⁵ *	1 ns
C:N	61.029	0	2	2	5.595 e ⁻¹⁴ *	1 ns
LIG	35.6	0	2	2	1.86 e ⁻⁰⁸ *	1 ns
CEL	61.029	0	2	2	5.595 e ⁻¹⁴ *	1 ns
HCEL	20.343	0	2	2	3.825 e ⁻⁰⁵ *	1 ns

* p<0.05; ns: não significativo. TH: Taxa de Herbivoria; IH: Índice de Herbivoria; TDF: Tipo de Dano Foliar; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; C: Carbono; C:N: Relação Carbono/Nitrogênio; LIG: Lignina; CEL: Celulose; HCEL: Hemicelulose.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Pelo post-hoc de Dunn constatou-se diferença significativa entre as áreas de Bambu e Mata Atlântica (Pau-brasil), assim como Bambu e Eucalipto, em relação a taxa e índice de herbivoria, no entanto para os tipos de dano, não houve diferença entre as áreas (Tabela 3). Quanto a composição química foliar, a Mata Atlântica (Pau-brasil) apresentou diferença significativa para N, P, C, C:N e CEL em comparação com as áreas com presença de espécies vegetais exóticas (Bambu e Eucalipto) (Tabela 3).

Tabela 3 - Post-hoc de Dunn para Herbivoria e composição química foliar em relação as áreas

Variáveis	Grupo 1	Grupo 2	n1	n2	Estatística	<i>p</i>	<i>p</i> ajustado
TH	MA	E	30	30	-1.32	1.85 e ⁻¹	5.56 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	-6.43	1.28 e ⁻¹⁰	3.85 e ⁻¹⁰ ****
	E	B	30	30	-5.10	3.31 e ⁻⁷	9.94 e ⁻⁷ ****
IH	MA	E	30	30	-1.62	1.05 e ⁻¹	3.14 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	-6.14	8.32 e ⁻¹⁰	2.49 e ⁻⁹ ****
	E	B	30	30	-4.52	6.29 e ⁻⁶	1.89 e ⁻⁵ ****
TDF	MA	E	30	30	-0.356	0.722	1 ns
	MA	B	30	30	0.673	0.501	1 ns
	E	B	30	30	1.03	0.303	1 ns
N	MA	E	30	30	-4.00	0.0000622	0.000187 ***
	MA	B	30	30	-4.58	0.00000474	0.0000142 ****
	E	B	30	30	-0.572	0.567	1 ns
P	MA	E	30	30	5.72	1.06 e ⁻⁸	3.19 e ⁻⁸ ****
	MA	B	30	30	8.01	1.16 e ⁻¹⁵	3.49 e ⁻¹⁵ ****
	E	B	30	30	2.29	2.21 e ⁻²	6.64 e ⁻² ns
K	MA	E	30	30	7.44	1.04 e ⁻¹³	3.11 e ⁻¹³ ****
	MA	B	30	30	2.86	4.24 e ⁻³	1.27 e ⁻² *
	E	B	30	30	-4.58	4.74 e ⁻⁶	1.42 e ⁻⁵ ****
C	MA	E	30	30	5.64	1.72 e ⁻⁸	5.16 e ⁻⁸ ****
	MA	B	30	30	7.89	2.95 e ⁻¹⁵	8.85 e ⁻¹⁵ ****
	E	B	30	30	2.26	2.41 e ⁻²	7.24 e ⁻² ns
C:N	MA	E	30	30	6.77	1.33 e ⁻¹¹	3.99 e ⁻¹¹ ****
	MA	B	30	30	6.77	1.33 e ⁻¹¹	3.99 e ⁻¹¹ ****
	E	B	30	30	0	1 e ⁺⁰	1 e ⁺⁰ ns
LIG	MA	E	30	30	-1.13	0.259	7.78 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	-5.64	0.0000000172	5.16 e ⁻⁸ ****
	E	B	30	30	-4.51	0.00000647	1.94 e ⁻⁵ ****
CEL	MA	E	30	30	6.77	1.33 e ⁻¹¹	3.99 e ⁻¹¹ ****
	MA	B	30	30	6.77	1.33 e ⁻¹¹	3.99 e ⁻¹¹ ****
	E	B	30	30	0	1 e ⁺⁰	1 e ⁺⁰ ns
HCEL	MA	E	30	30	2.26	0.0241	0.0724 ns
	MA	B	30	30	4.51	0.00000647	0.0000194 ****
	E	B	30	30	2.26	0.0241	0.0724 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de *p* ajustado pelo método de Bonferroni. Legenda: MA = Mata Atlântica; E = Eucalipto; B = Bambu.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Para os meses, observou-se diferença significativa entre maio/2022 e out./2023, assim como entre maio/2023 e out./2023 para a variável Taxa de Herbivoria, já o Índice de Herbivoria teve diferença significativa somente entre maio/2022 e out./2023 (Tabela 4). E não houve diferença significativa para composição química foliar entre os meses.

Tabela 4 - Post-hoc de Dunn para Herbivoria e composição química foliar em relação aos meses

Variáveis	Grupo 1	Grupo 2	n1	n2	Estatística	<i>p</i>	<i>p</i> ajustado
TH	maio/22	maio/23	30	30	1.49	0.136	0.407 ns
	maio/22	out./23	30	30	4.02	0.0000576	0.000173 ***
	maio/23	out./23	30	30	2.53	0.0114	0.0342 *
IH	maio/22	maio/23	30	30	1.38	0.169	0.507 ns
	maio/22	out./23	30	30	2.88	0.00393	0.0118 *
	maio/23	out./23	30	30	1.51	0.131	0.394 ns
TDF	maio/22	maio/23	30	30	0.809	0.418	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	1.56	0.118	0.354 ns
	maio/23	out./23	30	30	0.755	0.450	1 ns
N	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns
P	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns
K	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns
C	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns
C:N	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns
LIG	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns
CEL	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns
HCEL	maio/22	maio/23	30	30	0	1	1 ns
	maio/22	out./23	30	30	0	1	1 ns
	maio/23	out./23	30	30	0	1	1 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de *p* ajustado pelo método de Bonferroni.

Elaboração: Élidea Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.1.2 Estimativas de correlação de Spearman

Os resultados das estimativas de correlação de Spearman (relação da taxa e índice de herbivoria com a composição química foliar e a precipitação pluvial) para as espécies Pau-brasil, Eucalipto e Bambu nas figuras 16, 17 e 18, respectivamente.

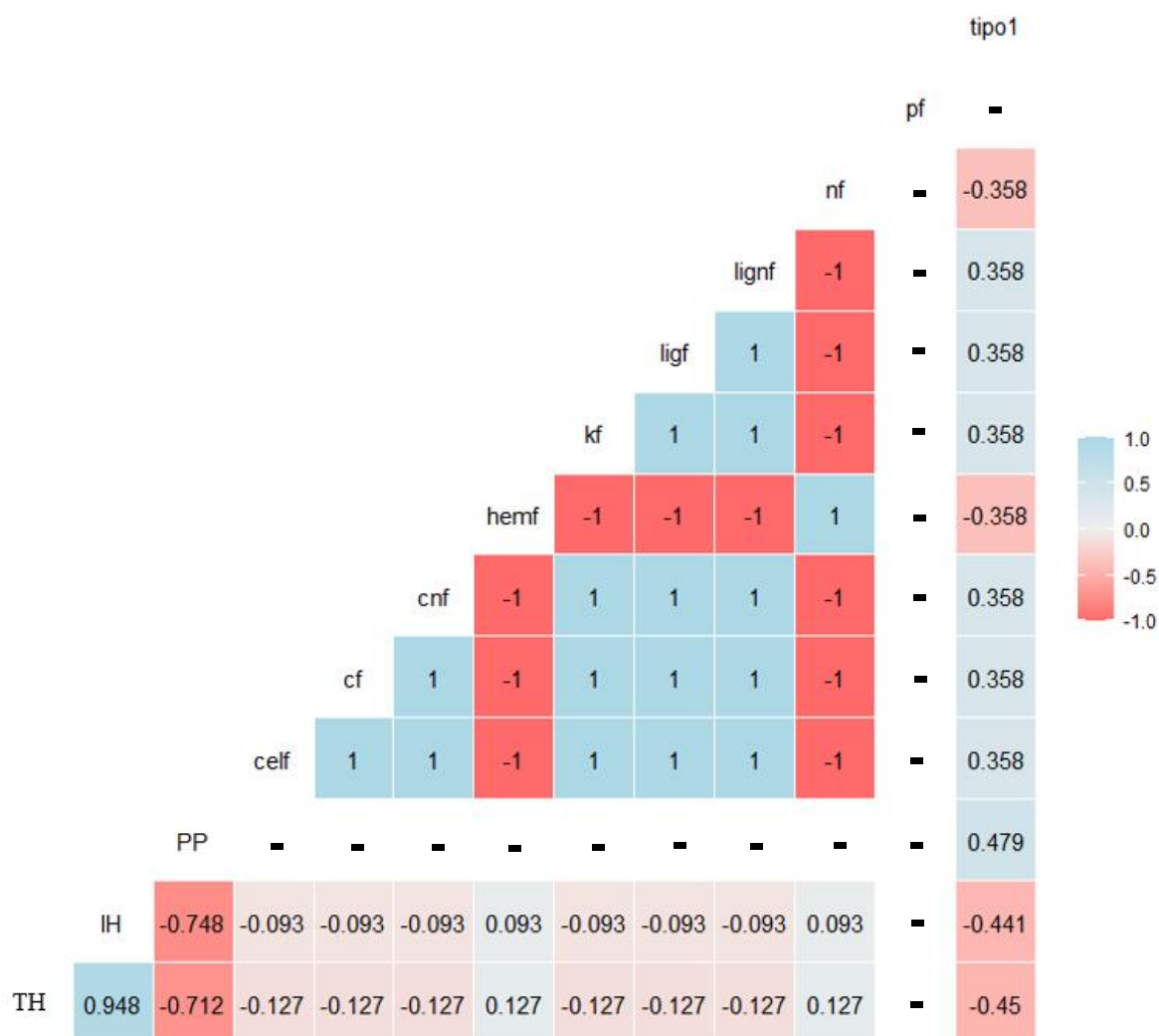
Em relação a espécie Pau-brasil (Mata Atlântica) observou-se que a Taxa de Herbivoria e o Índice de Herbivoria tiveram correlação significativa ($p < 0,05$) somente com a precipitação pluvial-PP (negativa forte) e com o tipo de dano foliar-tipo1 (negativa moderada) (Figura 16), segundo os critérios de significância e classificação propostos por Dancey e Reidy (2006), ou

seja, quanto menor a precipitação pluvial maior o dano foliar na espécie, assim como quanto maior a variedade de danos (mastigador, sugador, minador e raspador) maior a TH e IH.

Para as espécies Eucalipto e Bambu houve unicamente correlação da Taxa de Herbivoria (negativa e moderada) com a precipitação pluvial ($r = -0.566$) (Figura 17) e ($r = -0.481$) (Figura 18), respectivamente. Sugerindo que a precipitação pluvial foi fator determinante no consumo foliar pelos dos herbívoros em todas as espécies, favorecidos por meses com menor precipitação.

Conforme os resultados é possível inferir que a Hipótese 2 foi corroborada parcialmente, uma vez que a Predição 2a foi confirmada, havendo maior quantidade de danos de herbívoros invertebrados no Pau-brasil (Mata Atlântica) em comparação com Bambu e o Eucalipto. Mas, a Predição 2b não foi confirmada, já que não houve maior quantidade de nutrientes no Pau-brasil (Mata Atlântica). Os resultados obtidos pelas estimativas de correlação de Spearman indicam que a Taxa de Herbivoria e o Índice de Herbivoria do Pau-brasil foram influenciados pela variação da precipitação pluvial, assim como pelos diferentes tipos de danos provocados pelos herbívoros invertebrados e não pelos teores de nutrientes do material foliar.

Figura 16 - Estimativas de correlação de Spearman com relação a Taxa de Herbivoria (TH) e Índice de Herbivoria (IH) com a composição química foliar e a precipitação pluvial na espécie Pau-brasil (Mata Atlântica).

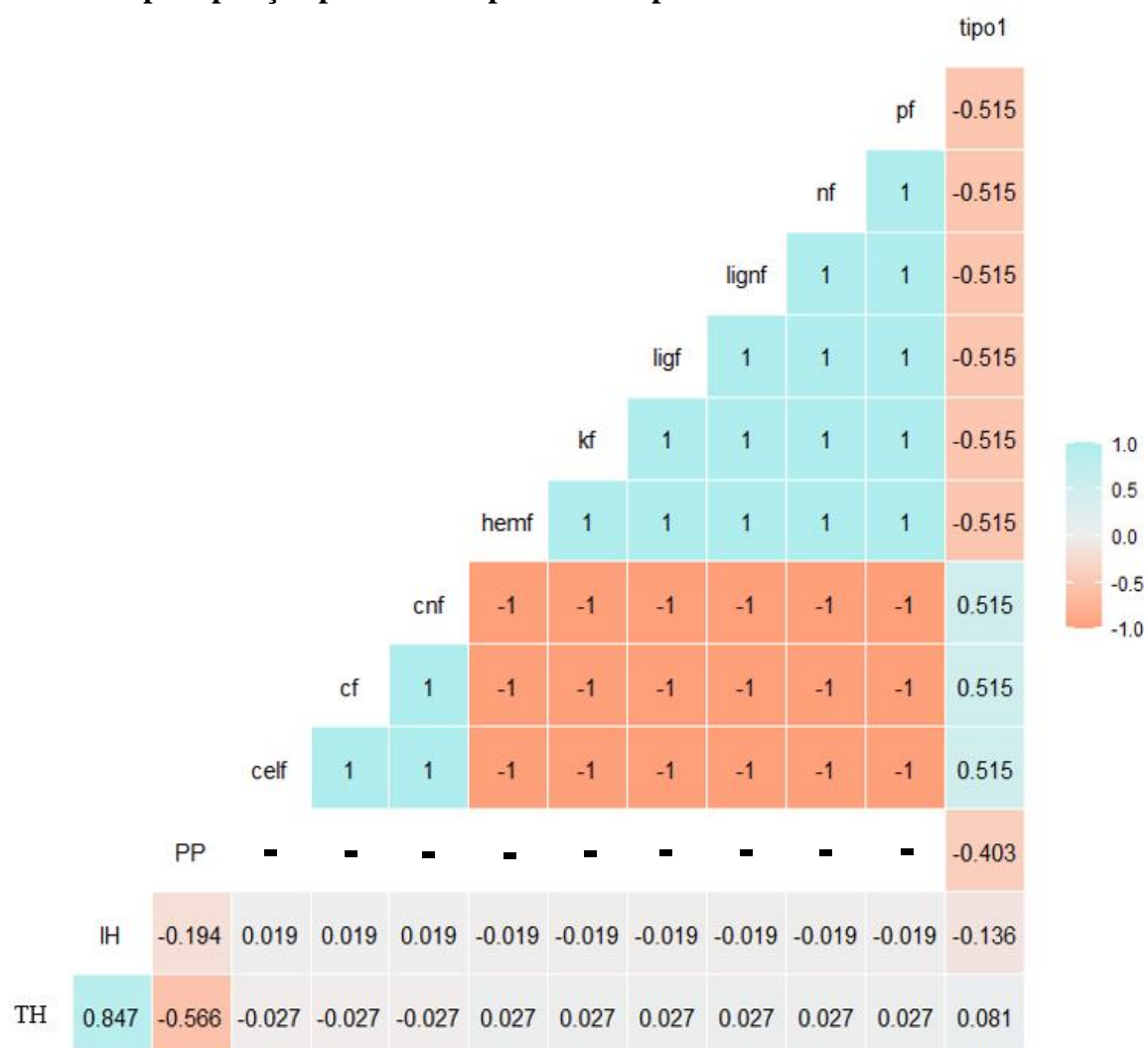


Correlação: Fraca = $r \leq 0,399$; moderada = $r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte = $r \geq 0,701$ (Dancey; Reidy, 2006).

Legenda: TH: taxa de herbivoria; IH: índice de herbivoria; PP: precipitação pluvial; celf: celulose das folhas; cf: carbono das folhas; cnf: relação C/N das folhas; hemf: hemicelulose das folhas; kf: potássio das folhas; ligf: lignina das folhas; lignf: relação lignina/nitrogênio das folhas; nf: nitrogênio das folhas; pf: fósforo das folhas; tipo 1: tipo de dano foliar.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Figura 17 - Estimativas de correlação de Spearman com relação a Taxa de Herbivoria (TH) e Índice de Herbivoria (IH) com a composição química foliar e a precipitação pluvial na espécie Eucalipto.

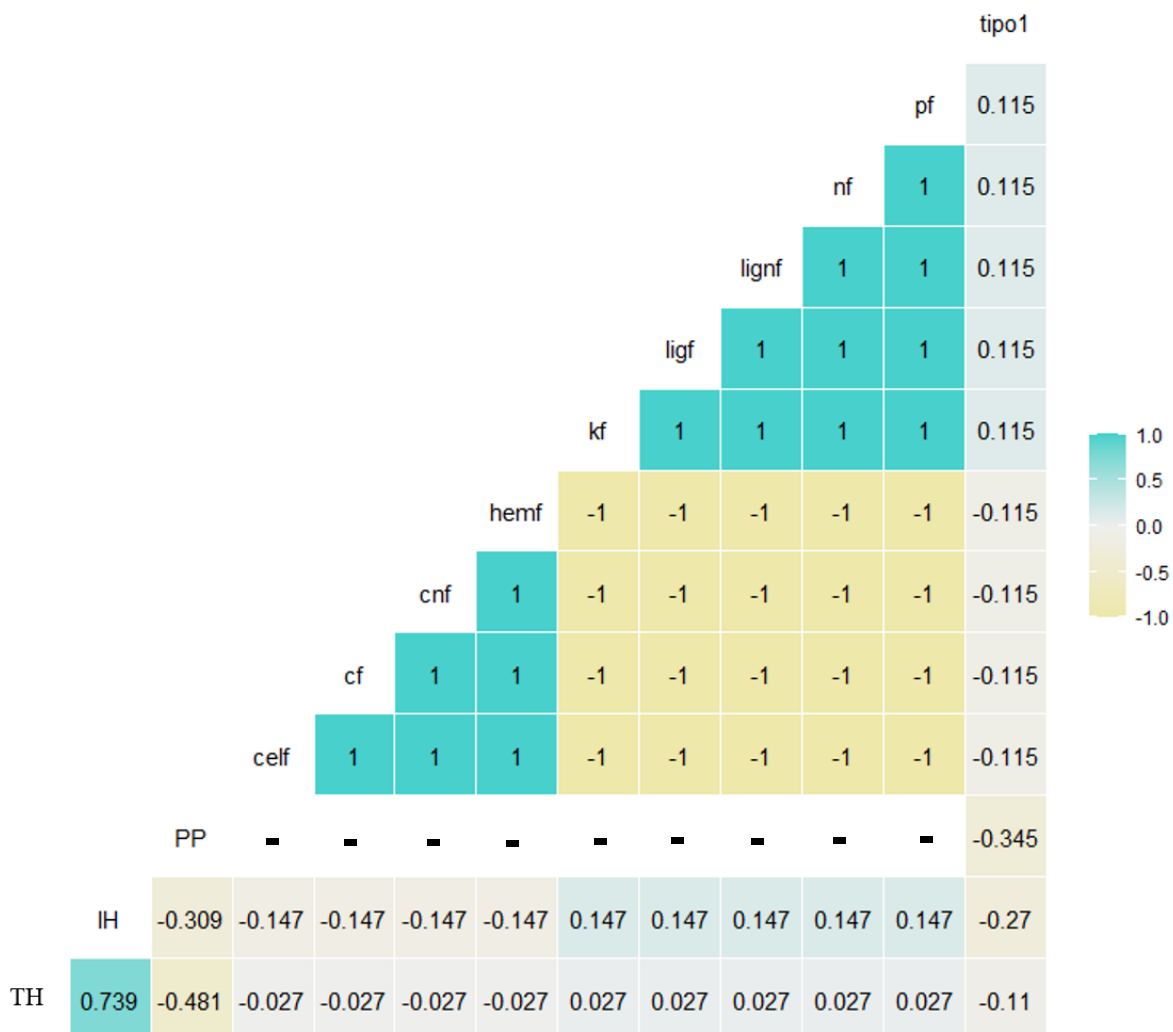


Correlação: Fraca = $r \leq 0,399$; moderada = $r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte = $r \geq 0,701$ (Dancey; Reidy, 2006).

Legenda: TH: taxa de herbivoria; IH: índice de herbivoria; PP: precipitação pluvial; celf: celulose das folhas; cf: carbono das folhas; cnf: relação C/N das folhas; hemf: hemicelulose das folhas; kf: potássio das folhas; ligf: lignina das folhas; lignf: relação lignina/nitrogênio das folhas; nf: nitrogênio das folhas; pf: fósforo das folhas; tipo 1: tipo de dano foliar.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Figura 18 - Estimativas de correlação de Spearman com relação a Taxa de Herbivoria (TH) e Índice de Herbivoria (IH) com a composição química foliar e a precipitação pluvial na espécie Bambu.



Correlação: Fraca = $r \leq 0,399$; moderada = $r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte = $r \geq 0,701$ (Dancey; Reidy, 2006).

Legenda: TH: taxa de herbivoria; IH: índice de herbivoria; PP: precipitação pluvial; celf: celulose das folhas; cf: carbono das folhas; cnf: relação C/N das folhas; hemf: hemicelulose das folhas; kf: potássio das folhas; ligf: lignina das folhas; lignf: relação lignina/nitrogênio das folhas; nf: nitrogênio das folhas; pf: fósforo das folhas; tipo 1: tipo de dano foliar.

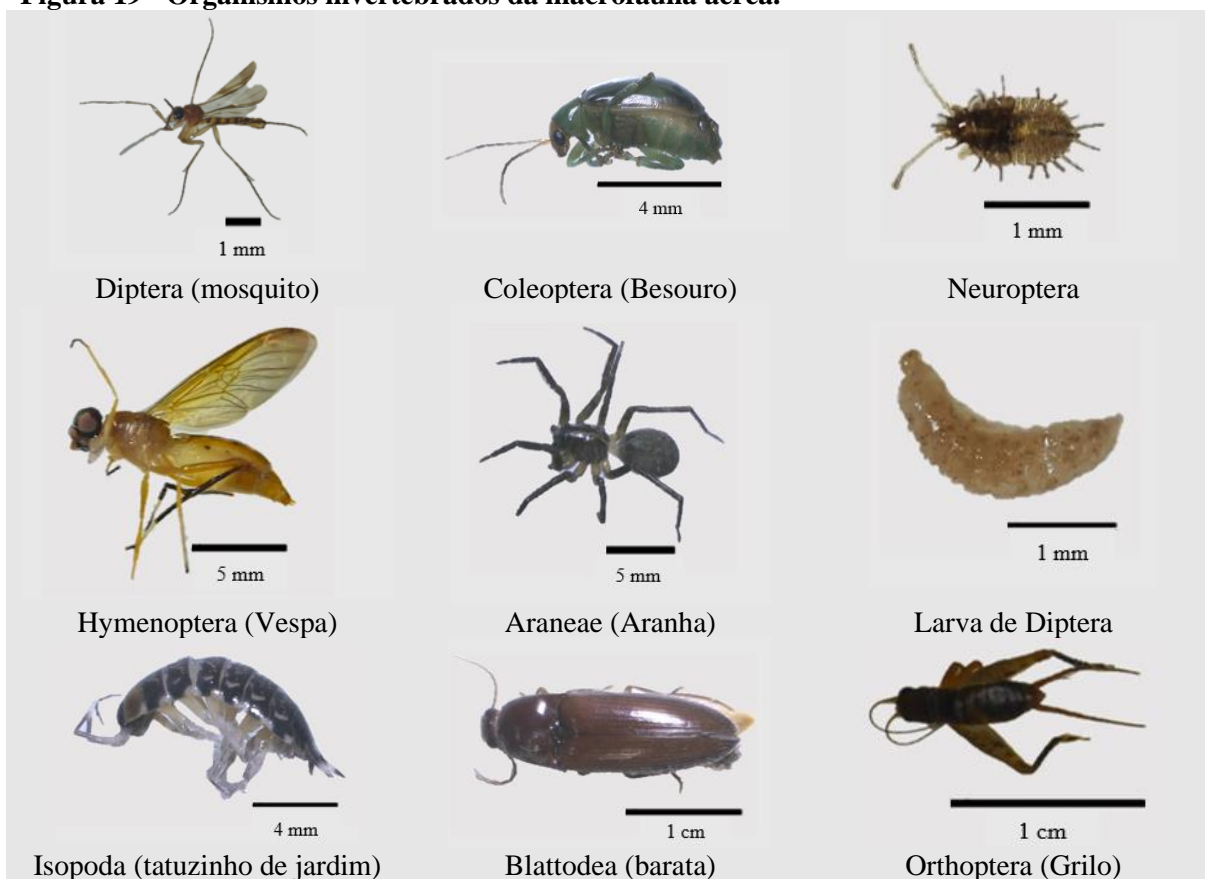
Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.2 Quantificação dos organismos invertebrados

4.2.1 Macrofauna aérea

Alguns exemplares dos organismos invertebrados da macrofauna aérea capturados nas áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu nas coletas de dados de maio/2022, maio/2023 e out./2023 estão destacados na Figura 19.

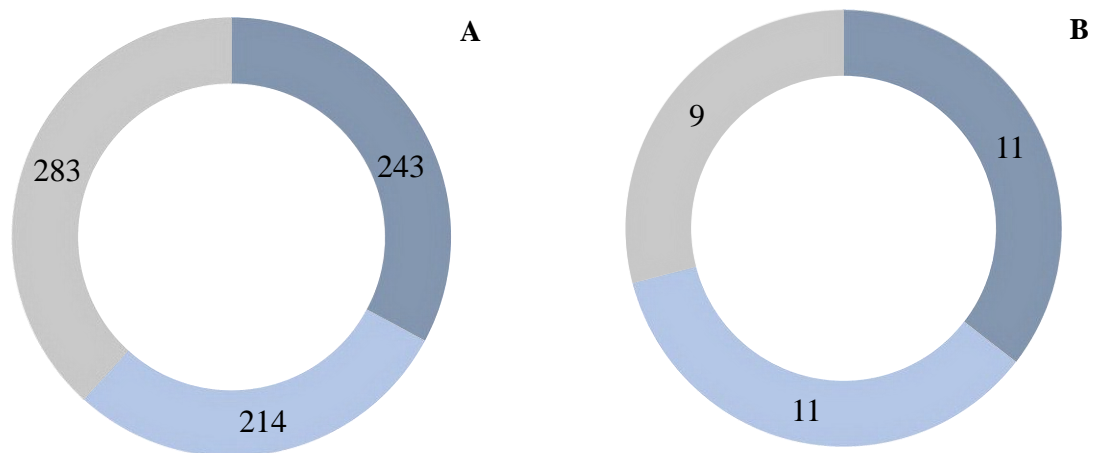
Figura 19 - Organismos invertebrados da macrofauna aérea.



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, maio, (2022).

A abundância total da macrofauna aérea correspondeu a 740 indivíduos, que se apresentaram distribuídos de forma homogênea nas áreas: 283 organismos em Bambu, 243 no ambiente de Mata Atlântica e 214 na área de Eucalipto (Gráfico 5A).

Gráfico 5 - Abundância (A) e riqueza (B) dos grupos taxonômicos da macrofauna aérea nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.



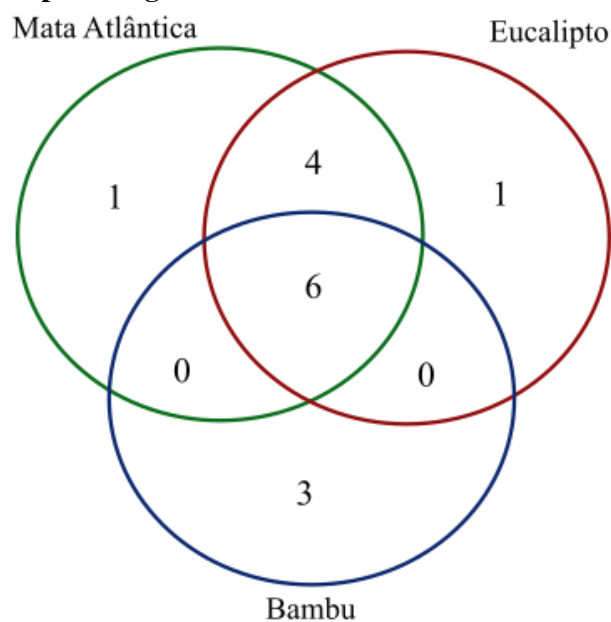
■ Mata Atlântica ■ Eucalipto ■ Bambu ■ Mata Atlântica ■ Eucalipto ■ Bambu

Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

A riqueza correspondeu a um total de 16 grupos taxonômicos, e do mesmo modo tiveram resultados muito próximos, com 11 grupos taxonômicos registrados nas áreas de Mata Atlântica e Eucalipto e 9 na área de Bambu (Gráfico 5B).

Foram levantados 6 grupos comuns entre as áreas e observados que 4 deles eram comuns nas áreas de Mata Atlântica e Eucalipto e 3 grupos exclusivamente do Bambu, 1 exclusivo da Mata Atlântica e 1 da área de Eucalipto (Figura 20).

Figura 20 - Riqueza da macrofauna aérea nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representadas pelo Diagrama de Venn.

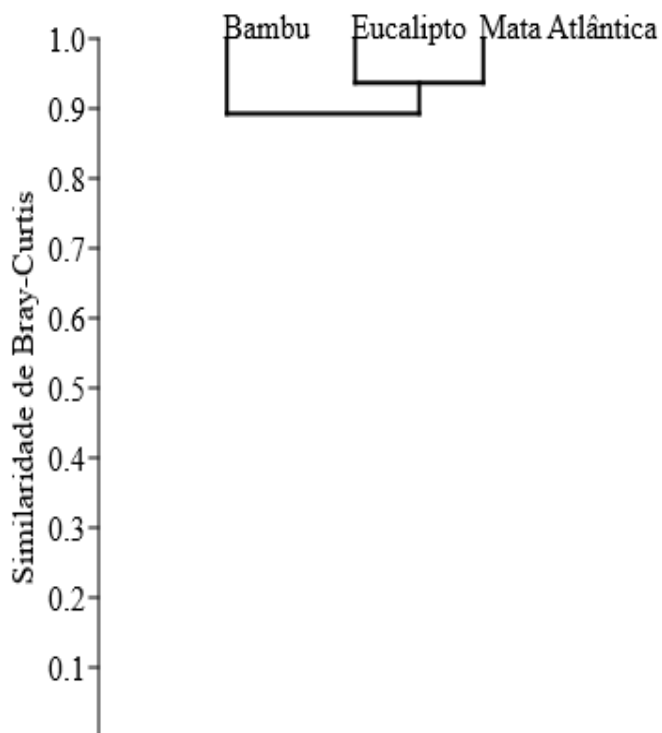


Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

A proximidade dos resultados dos valores totais da abundância de indivíduos e riqueza de grupos taxonômicos nesse levantamento é atribuída a adaptação dos organismos invertebrados aos ambientes com espécies exóticas (Bambu e Eucalipto), uma vez que os vegetais exóticos possuem vantagens competitivas para se estabelecerem e se reproduzirem, quando comparada com as espécies nativas (Spiazzi *et al.*, 2017) e, desta forma, conseguiram fornecer um local com condições ambientais favoráveis aos invertebrados.

Reforçando esta assertiva, o índice de Bray-Curtis indicou que as áreas foram consideradas similares para a abundância da macrofauna aérea (Figura 21), uma vez que as áreas consideradas similares são as que apresentam índice de Bray-Curtis $\geq 0,5$ (Lopes; Vale; Schiavini, 2009). No qual a similaridade entre as áreas de Mata Atlântica e Eucalipto foi 93,65%, enquanto entre Bambu e Mata Atlântica foi de 92,40% e Bambu e Eucalipto 86,12%. Comprovando a adaptação dessas espécies exóticas no ambiente de Mata Atlântica do Parque do Horto (Figura 21).

Figura 21 - Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância da macrofauna aérea nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

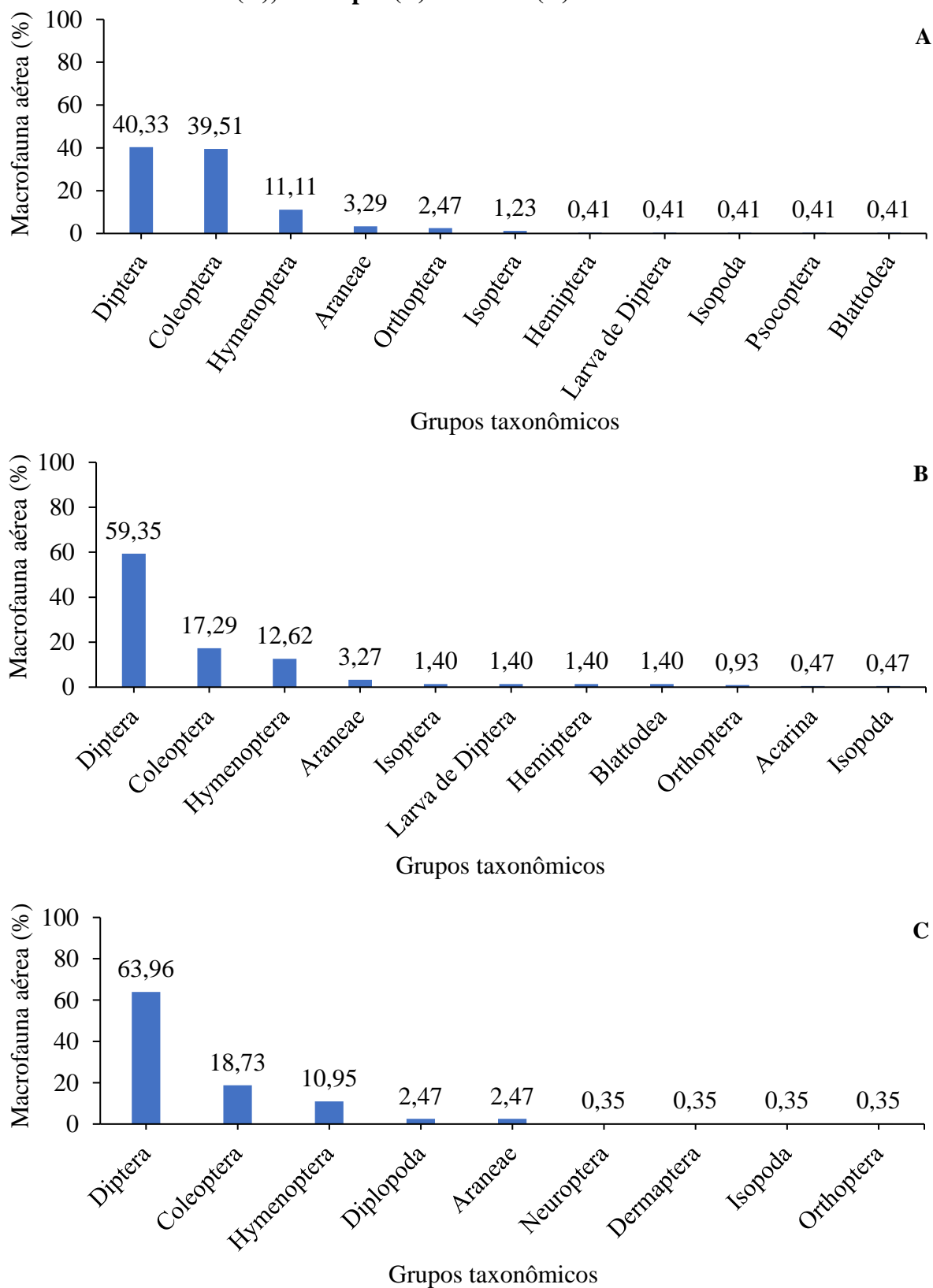
Os grupos Diptera e Coleoptera se sobressaíram com os maiores percentuais na Mata Atlântica (Diptera=40,33%; Coleoptera=39,51%) (Gráficos 6A), Eucalipto (Diptera=59,35%;

Coleoptera=17,29%) (Gráficos 6B) e Bambu (Diptera=63,96%; Coleoptera=18,73%) (Gráfico 6C).

Os elevados percentuais de coleópteros, especialmente no fragmento de Mata Atlântica é atribuído ao fato de apresentarem maior ocorrência em áreas menos antropizadas e por serem sensíveis as oscilações da precipitação pluvial, já que nos meses chuvosos, maior é a abundância desse grupo (Oliveira *et al.*, 2014), com registro na primeira coleta (maio/2022) correspondente a 579 mm, na segunda (maio/2023) de 360 mm e na última coleta (out./2023) 27,6 mm (Gráfico 1). Além disso, alterações na temperatura e umidade podem afetar sua abundância, riqueza, distribuição e até a estrutura de suas guildas (Saliba *et al.*, 2021). Já os invertebrados do grupo Diptera possuem alta capacidade de colonização, principalmente no estágio larval (Oliveira *et al.*, 2014), o que explica seus elevados percentuais nas áreas estudadas.

No contexto da macrofauna aérea, onde as armadilhas são instaladas na copa das árvores, cabe destacar a importância destes indivíduos para as plantas. Já que contribuem diretamente na polinização, como no caso dos dípteros que são importantes visitantes florais, tendo a sua frequência de visitação relacionada as estações do ano, abundância floral, condições climáticas, entre outros fatores (Reichert, 2010), considerados importantes vetores da polinização em florestas tropicais (Nunes *et al.*, 2017). Já os coleópteros possuem uma grande variedade de espécies que promovem a transferência de pólen entre as flores, contribuindo na polinização, e na subsequente produção de frutos e sementes, o que favorece a manutenção da variabilidade genética (Paulino-Neto, 2014). Ainda segundo o autor, existem coleópteros que promovem a dispersão de sementes, contribuindo para o estabelecimento de novas plântulas nas florestas e outras fitofisionomias.

Gráfico 6 - Percentual de invertebrados da macrofauna aérea nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

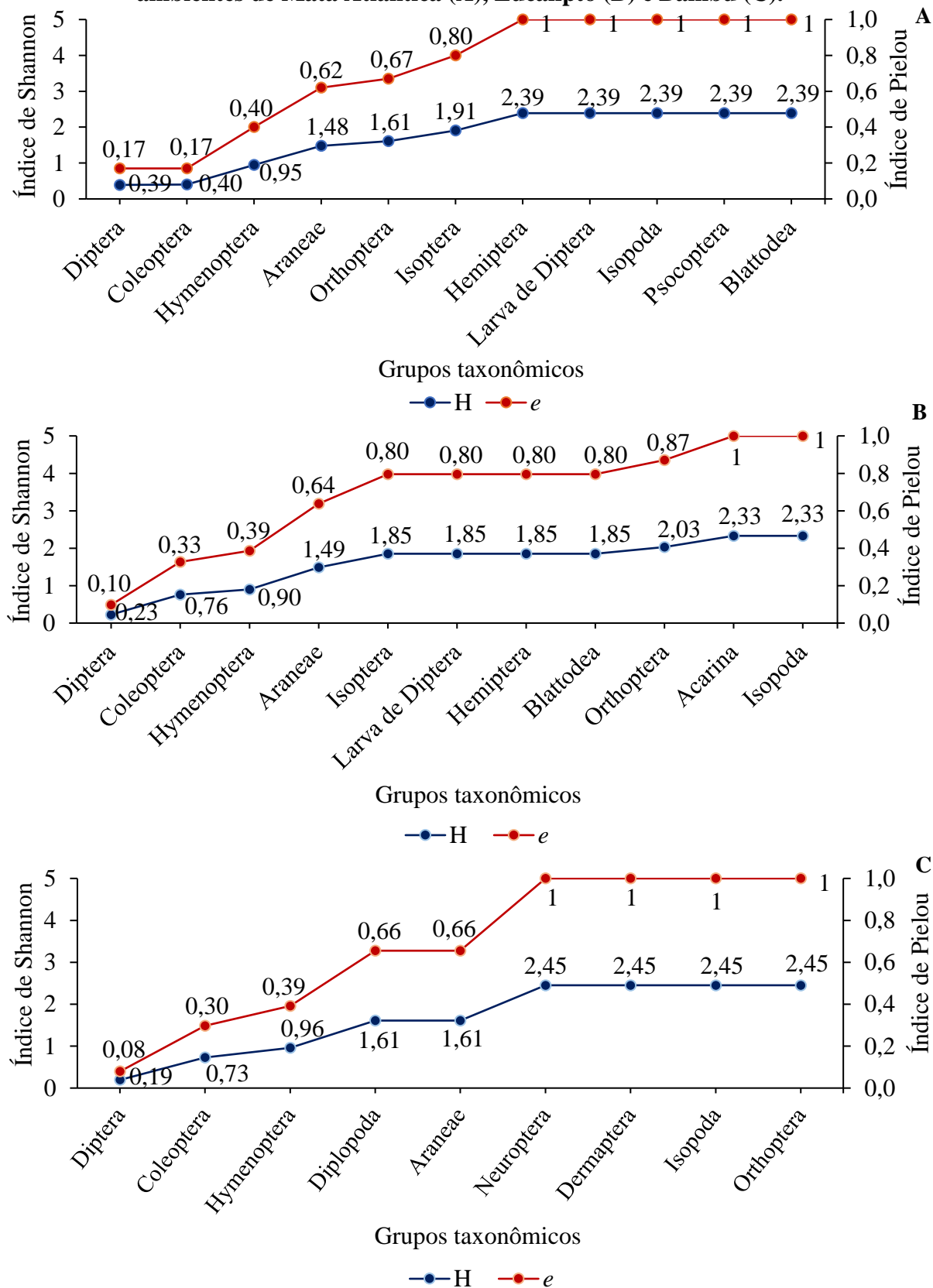
A dominância de Diptera e Coleoptera é confirmada pelos menores valores dos índices de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou, conforme Begon, Harper e Townsend (1996) ao assinalarem que grupos taxonômicos que apresentam valores reduzidos dos índices, indicam maior dominância e menor distribuição em relação aos demais grupos (Begon; Harper; Townsend, 1996). Assim, foi verificado os menores índices ecológicos no ambiente de Mata Atlântica para Diptera ($H=0,39$; $e=0,17$) e Coleoptera ($H=0,40$; $e=0,17$) (Gráfico 7A). Já na área de Eucalipto, os dípteros obtiveram ($H=0,23$; $e=0,10$) e os coleópteros ($H=0,76$; $e=0,33$) (Gráfico 7B). E no ambiente de Bambu acompanhou o mesmo padrão, onde Diptera ($H=0,19$; $e=0,08$) foi mais dominante, seguido de Coleoptera ($H=0,73$; $e=0,30$) (Gráfico 7C).

Os índices ecológicos detiveram os maiores valores para os grupos raros, que compreenderam Hemiptera ($H=2,39$; $e=1$), Larva de Diptera ($H=2,39$; $e=1$), Isopoda ($H=2,39$; $e=1$), Psocoptera ($H=2,39$; $e=1$) e Blattodea ($H=2,39$; $e=1$) na área de Mata Atlântica (Gráfico 7A). No ambiente de Eucalipto, destacaram-se Acarina ($H=2,33$; $e=1$) e Isopoda ($H=2,33$; $e=1$) (Gráfico 7B). E na área de Bambu os grupos raros foram Neuroptera ($H=2,45$; $e=1$), Dermaptera ($H=2,45$; $e=1$), Isopoda ($H=2,45$; $e=1$) e Orthoptera ($H=2,45$; $e=1$) (Gráfico 7C).

Organismos como abelhas, formigas e vespas (Hymenoptera), além de borboletas e mariposas (Lepidoptera), besouros (Coleoptera), mosquitos (Diptera), e outros, são os invertebrados mais comuns de serem quantificados neste tipo de avaliação, conforme apontam Alves (2018), Dias *et al.* (2018), Lima (2021), Monteiro (2021) e Silva (2019). De acordo com Leal (2003), a relação inseto-planta é o que explica o sucesso reprodutivo das plantas, uma vez que os organismos da macrofauna aérea exercem importantes funções, como polinização e dispersão de sementes, essenciais para o processo de ciclagem de nutrientes, influenciando na distribuição espacial da população das plantas (Freire *et al.*, 2020; Leal, 2003; Lima, 2021).

A avaliação da macrofauna aérea permite identificar os invertebrados que interagem com as plantas, como em área de Eucalipto no estudo de Alves (2018), onde foi verificado maior ocorrência dos grupos Hymenoptera, Coleoptera, Araneae e Lepidoptera. Em ambientes de Mata Atlântica e Bambu ainda não havia sido realizadas avaliações da macrofauna aérea, sendo este estudo pioneiro.

Gráfico 7 - Índices de Shannon (H) e Pielou (e) da macrofauna invertebrada aérea nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

4.2.1.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da macrofauna aérea

Pelo teste de Kruskal-Wallis para a macrofauna aérea foi possível constatar que não há diferença entre as áreas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) em relação a abundância ($X^2_{(2)} = 1.4297$; p -value = 0.4893), riqueza ($X^2_{(2)} = 0.48049$; p -value = 0.7864), diversidade ($X^2_{(2)} = 0.32737$; p -value = 0.849) e uniformidade ($X^2_{(2)} = 1.7643$; p -value = 0.4139). Em relação aos meses, houve somente diferença significativa para a abundância ($X^2_{(2)} = 28.526$; p -value = 6.392 e^{-07}) e a uniformidade ($X^2_{(2)} = 8.3831$; p -value = 0.01512), as demais variáveis não apresentaram diferença (Tabela 5).

Tabela 5 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para a macrofauna aérea

Variáveis	X^2 (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p -value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
Abundância	1.4297	28.526	2	2	0.4893 ns	6.392 e^{-07} *
Riqueza	0.48049	3.5797	2	2	0.7864 ns	0.167 ns
Diversidade	0.32737	0.20674	2	2	0.849 ns	0.9018 ns
Uniformidade	1.7643	8.3831	2	2	0.4139 ns	0.01512 *

* $p < 0.05$; ns: não significativo.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

O post-hoc de Dunn também não apontou diferenças para a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade dos invertebrados entre as áreas. Mas, ao comparar os meses, observou-se diferença para abundância entre maio/2022 e maio/2023, assim como entre maio/2022 e out./2023 e para uniformidade houve diferença entre maio/2022 e out./2023 (Tabela 6).

Tabela 6 - Post-hoc de Dunn para macrofauna aérea, em relação as áreas e meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p ajustado e com significância			
Áreas		Abundância	Riqueza	HMA	eMA
Mata Atlântica	Eucalipto	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns
Mata Atlântica	Bambu	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns
Eucalipto	Bambu	0.723 ns	1 ns	1 ns	0.573 ns
Meses					
maio/2022	maio/2023	1.62 e^{-3} **	0.335 ns	1 ns	0.229 ns
maio/2022	out./2023	4.47 e^{-7} ****	0.277 ns	1 ns	0.0124 *
maio/2023	out./2023	2,18 e^{-1} ns	1 ns	1 ns	0.818 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de p ajustado pelo método de Bonferroni; HMA = Diversidade de Shannon da macrofauna aérea; eMA = Uniformidade de Pielou da macrofauna aérea.

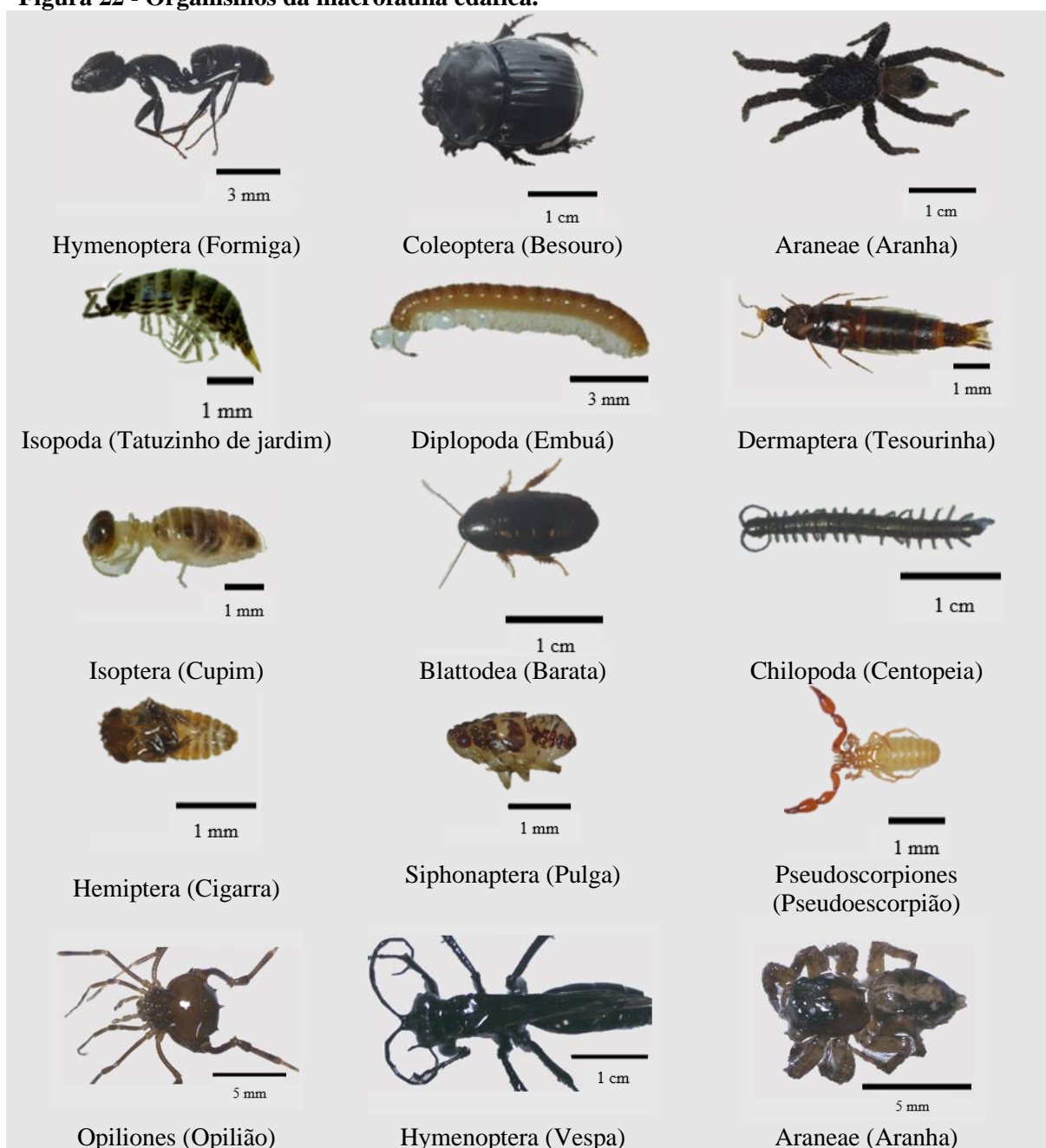
Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.2.2 Invertebrados do solo

4.2.2.1 Macrofauna edáfica

A representação de alguns exemplares de organismos invertebrados da macrofauna edáfica capturados nas áreas estudadas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) nos levantamentos de dados (maio/2022, maio/2023 e out./2023) constam na Figura 22.

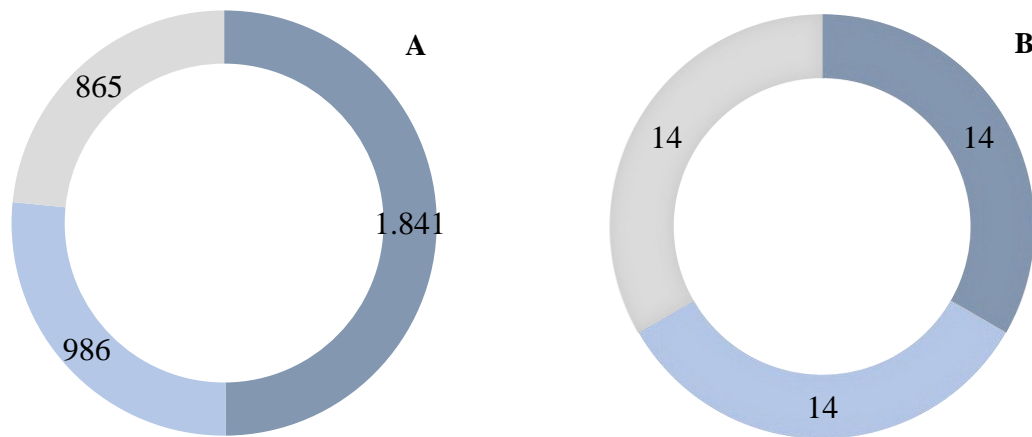
Figura 22 - Organismos da macrofauna edáfica.



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, jul., 2022.

Dos organismos invertebrados da macrofauna edáfica foram capturados um total de 3.689 organismos (Gráfico 8A) e uma riqueza de 17 grupos taxonômicos (Gráficos 8B e 9A a C). Os invertebrados se distribuíram de forma desigual entre as áreas, atingindo 1.841 indivíduos na Mata Atlântica, se distanciando das áreas com espécies exóticas: Eucalipto = 986 e Bambu = 865 (Gráfico 8A).

Gráfico 8 - Abundância (A) e riqueza (B) dos grupos taxonômicos da macrofauna edáfica nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.

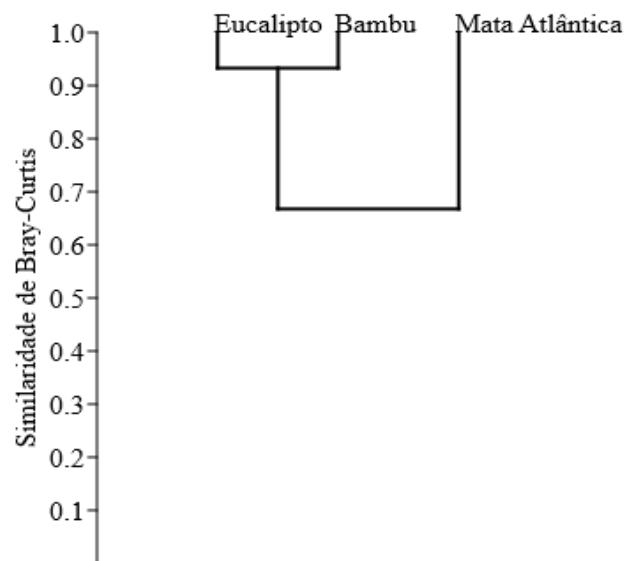


■ Mata Atlântica ■ Eucalipto ■ Bambu ■ Mata Atlântica ■ Eucalipto ■ Bambu

Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, out., 2023.

A abundância ter sido superior no ambiente de Mata Atlântica decorre da menor intervenção antrópica, aliada à composição da vegetação diversificada, que contribui para o maior acúmulo de serapilheira (Tabelas 16 e 17), 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 e onde pelo índice de Bray-Curtis, verificou-se que as áreas de Bambu e Eucalipto apresentaram alta similaridade com 93,29% para abundância (Figura 23). 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).

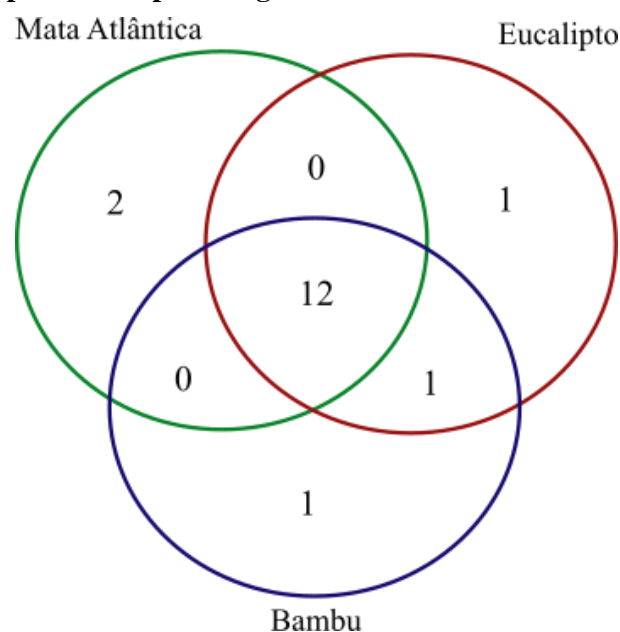
Figura 23 - Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância da macrofauna edáfica nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

A riqueza da macrofauna edáfica nas áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu foram similares, com 14 grupos taxonômicos verificados (Gráfico 4B), com 12 grupos comuns entre os ambientes, 1 grupo comum entre as áreas de Eucalipto e Bambu, além disso a Mata Atlântica apresentou 2 grupos exclusivos e Bambu e Eucalipto 1 grupo cada área (Figura 24), o que indica que há homogeneidade quanto a presença dos grupos entre as áreas.

Figura 24 - Riqueza da macrofauna edáfica nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representado pelo Diagrama de Venn.



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

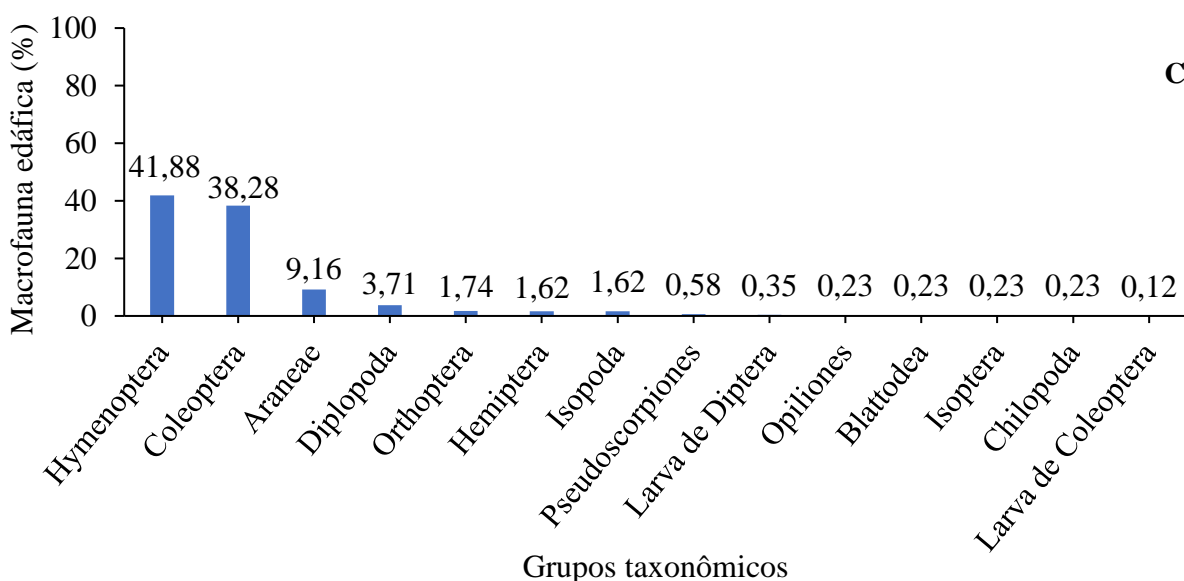
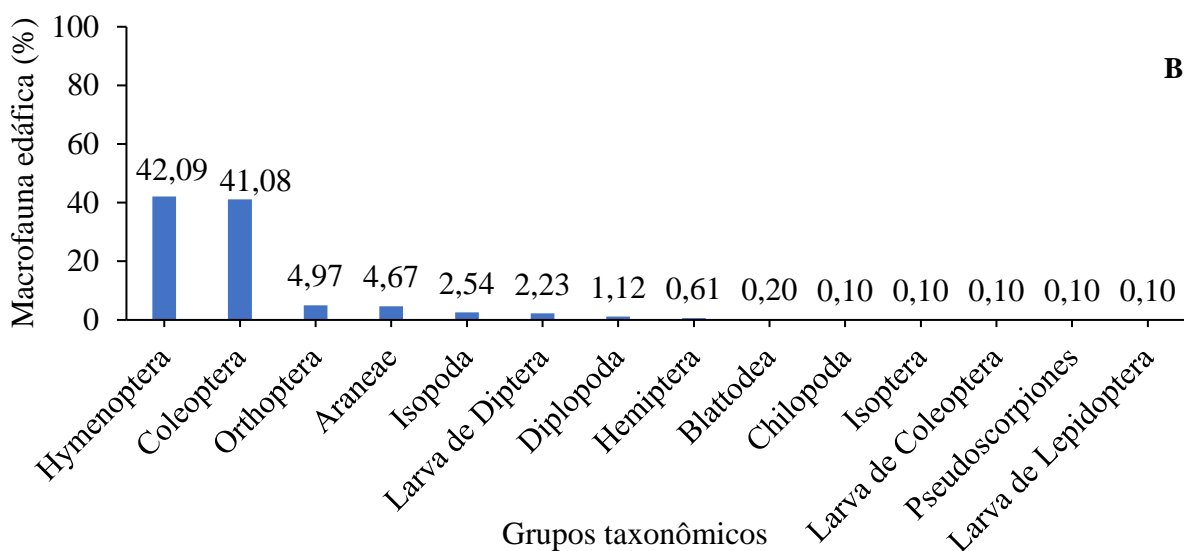
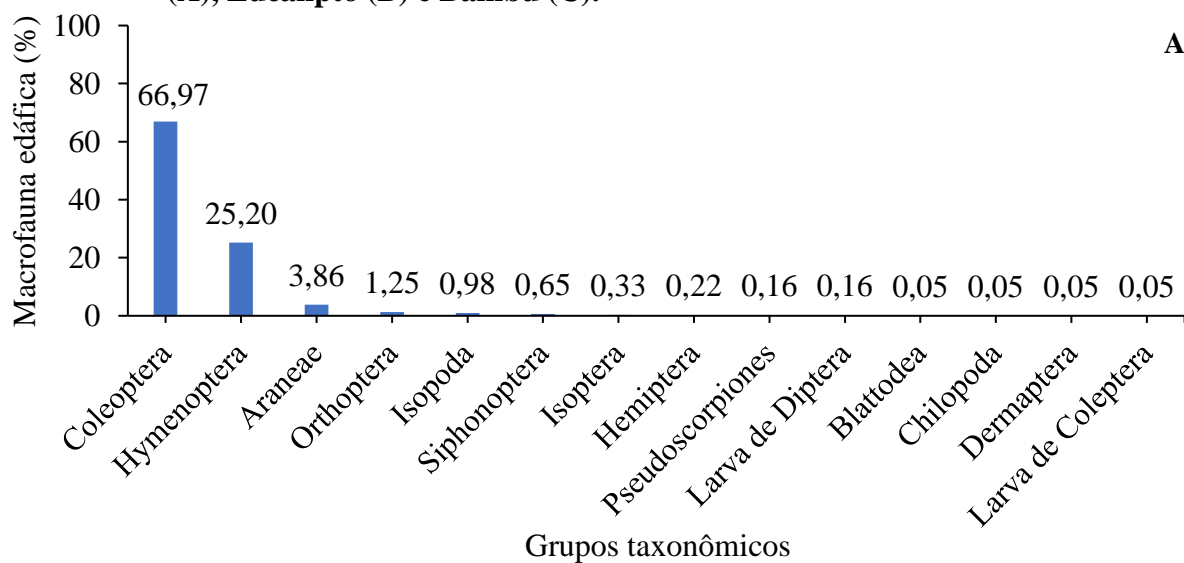
O percentual de ocorrência dos grupos taxonômicos da macrofauna edáfica indicou somente dois grupos como os mais representativos, independente das áreas, sendo na Mata Atlântica: Coleoptera = 66,97%; Hymenoptera = 25,20% (Gráfico 9A), Eucalipto: Hymenoptera = 42,09%; Coleoptera = 41,08% (Gráfico 9B) e Bambu: Hymenoptera = 41,88%; Coleoptera = 38,28% (Gráfico 9C).

A maior precipitação pluvial (579 milímetros) (Gráfico 1) do primeiro mês de coleta (maio/2022) favoreceu a ocorrência de grande número de organismos do grupo Coleoptera em todos os ambientes, se sobressaindo na área de Mata Atlântica (1.196 indivíduos ou 65,25% na área) por este ambiente apresentar maior variedade vegetal. E conforme houve diminuição da precipitação, houve queda no número destes indivíduos, notadamente na Mata Atlântica. 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 houve maior abundância de Coleoptera (34,36%), seguido de Hymenoptera (21,92%), em decorrência da variação sazonal.

Identificando a presença das principais famílias de coleópteros em área de Mata Atlântica e Milho, no município de Sete Lagoas, no estado de Minas Gerais, Gonçalves, Carneiro e Vianna (2014) constataram que a precipitação pluvial e a temperatura foram determinantes para a maior presença destes indivíduos nas áreas estudadas. 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), sendo considerados indicadores de qualidade ambiental em sistemas florestais (Leão, 2018).

Os coleópteros são essenciais por desempenharem variados hábitos alimentares (herbívoros, detritívoros, fungívoros, coprófagos e predadores) cruciais para a ciclagem de nutrientes e a consequente manutenção dos ambientes florestais, assim como são importantes polinizadores para algumas espécies vegetais, pois se alimentam de folhas, madeira, frutas, raízes, partes de flores e pólen (Mezzalira *et al.*, 2022). Desta forma, devido a capacidade desses invertebrados de fragmentar o material vegetal aportado, sua presença é importante para o contínuo processo de sucessão ecológica de áreas florestais (Almeida *et al.*, 2020).

Gráfico 9 - Percentual dos organismos invertebrados nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

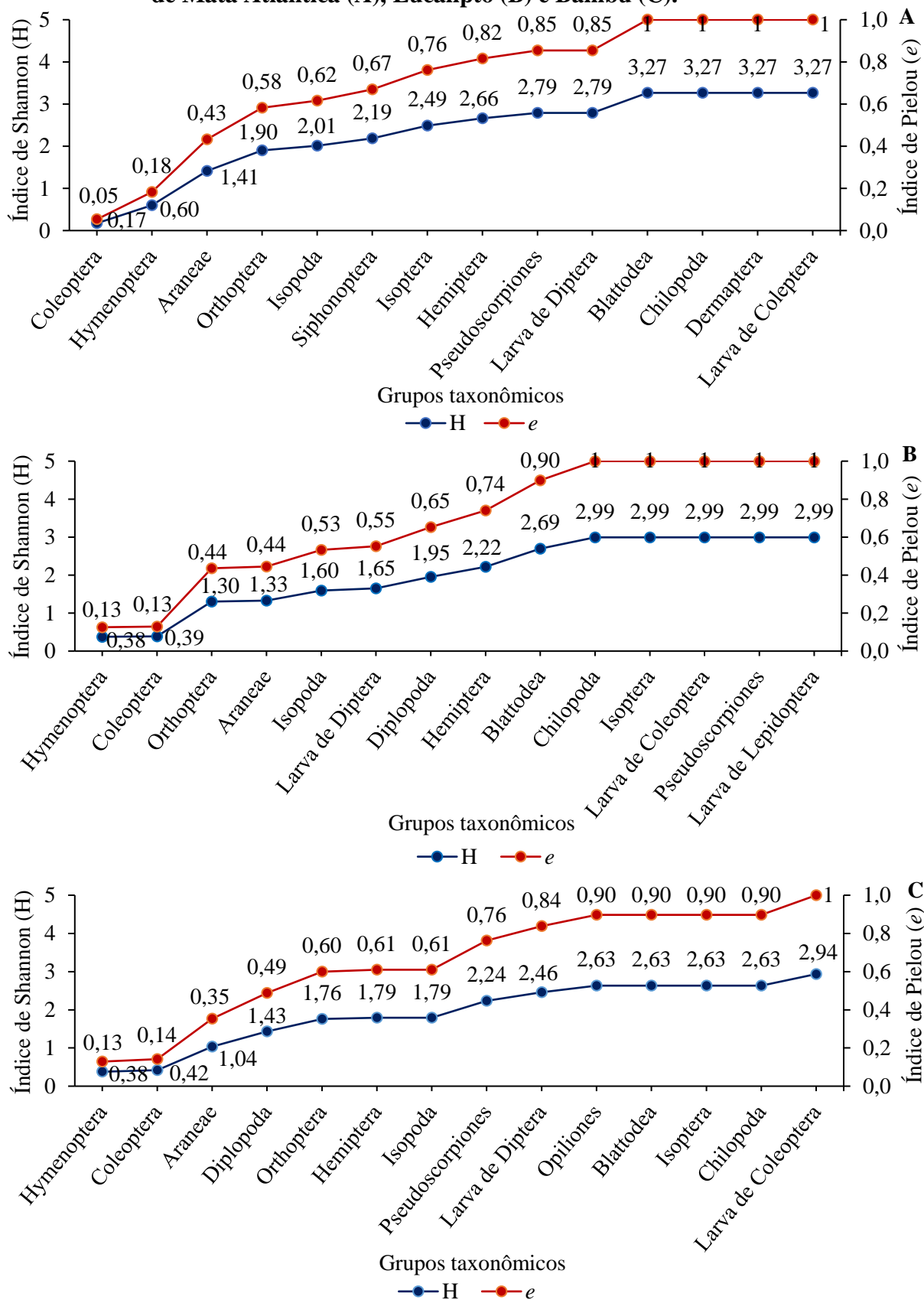
Os índices de diversidade de Shannon e uniformidade de Pielou para a macrofauna edáfica apontaram que independente da área, os grupos Coleoptera e Hymenoptera são os mais dominantes e menos uniformes, destacando-se na Mata Atlântica os grupos Coleoptera: $H=0,17$; $e=0,05$ e Hymenoptera: $H=0,60$; $e=0,18$ (Gráfico 10A), na área de Eucalipto: (Hymenoptera) $H=0,38$; $e=0,13$ e (Coleoptera) $H=0,39$; $e=0,13$ (Gráfico 10B) e no Bambu: (Hymenoptera) $H=0,38$; $e=0,13$ e (Coleoptera) $H=0,42$; $e=0,14$ (Gráfico 10C).

A aplicação destes índices ecológicos são importantes, uma vez que essa abordagem fornece informações que auxiliam nos diagnósticos das alterações nas populações dos invertebrados (Bezerra *et al.*, 2022). Assim, conforme explicam os autores, por meio do índice de diversidade é possível diagnosticar o quanto a estrutura das comunidades foram alteradas e, pelo índice de uniformidade, é possível verificar a homogeneidade da distribuição das espécies e/ou grupos analisados.

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. Esses indivíduos ocupam micro-habitats da vegetação e tecido vegetal vivo ou morto, em seus mais variados estágios de decomposição (Gullan; Cranston, 2017), como no caso do estudo de Furlanetto (2013).

Avaliando a macrofauna edáfica de uma área conservada, no Parque Municipal de Maceió, Bezerra *et al.* (2022) observaram maior dominância dos grupos Hymenoptera e Coleoptera, com menores valores dos índices de Shannon e Pielou para estes grupos, em decorrência da alta adaptabilidade aos mais variados tipos de ambientes do grupo Hymenoptera. Enquanto a elevada dominância dos coleópteros, deu-se pela grande diversidade da serapilheira aportada na área, assim como pelo conteúdo de água do solo.

Gráfico 10 - Índices de Shannon (H) e Pielou (e) da macrofauna edáfica dos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

4.2.2.1.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da macrofauna edáfica

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que não há diferença entre as áreas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) em relação a riqueza, diversidade e uniformidade. Em relação aos meses, houve diferença da uniformidade ($X^2_{(2)} = 21.019$; $p\text{-value} = 2.728 \times 10^{-5}$), enquanto que as demais variáveis não apresentaram diferença significativa (Tabela 7).

Tabela 7 - Testes de Kruskal-Wallis para a macrofauna edáfica por área e meses

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
Riqueza	0.31562	4.087	2	2	0.854 ns	0.1296 ns
Diversidade	0.059296	0.13393	2	2	0.9708 ns	0.9352 ns
Uniformidade	0.37541	21.019	2	2	0.8289 ns	2.728 e ^{-05*}

* $p < 0.05$; ns: não significativo.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Pelo teste post-hoc de Dunn verificou-se que não houve diferença entre as áreas para as variáveis riqueza, diversidade e uniformidade. Houve somente diferença para a uniformidade entre os meses de maio/2022 e maio/2023 (Tabela 8).

Tabela 8 - Post-hoc de Dunn para a macrofauna edáfica em relação as áreas e meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p ajustado e com significância		
Áreas		Riqueza	HME	eME
Mata Atlântica	Eucalipto	1 ns	1 ns	1 ns
Mata Atlântica	Bambu	1 ns	1 ns	1 ns
Eucalipto	Bambu	1 ns	1 ns	1 ns
Mês				
maio/22	maio/23	0.936 ns	1 ns	0.0000145 ****
maio/22	out./23	0.936 ns	1 ns	0.143 ns
maio/23	out./23	0.130 ns	1 ns	0.0288 *

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de p ajustado pelo método de Bonferroni; Legenda: HME = Diversidade de Shannon da macrofauna edáfica; eME = Uniformidade de Pielou da macrofauna edáfica.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.2.2.1.2 Comparações múltiplas pelo método Family Wise Error Rate (FWER) para macrofauna edáfica

Já pelo método de Family Wise Error Rate (FWER) foi possível verificar que houve diferença significativa para abundância da macrofauna edáfica, entre as áreas de Mata Atlântica e Eucalipto (p ajustado = 0.00154*), assim como entre Mata Atlântica e Bambu (p ajustado = 0.000473*) no mês de maio de 2023 (Tabela 9). Nos demais meses não houve diferenças significativas entre as áreas.

Tabela 9 - Comparações múltiplas da abundância da macrofauna edáfica pelo método Family Wise Error Rate (FWER)

Meses	Áreas		Valor de p ajustado
maio/2022	Mata Atlântica	Eucalipto	0.00154 *
	Mata Atlântica	Bambu	0.000473 *
	Eucalipto	Bambu	0.554592 ns
maio/2023	Mata Atlântica	Eucalipto	0.816 ns
	Mata Atlântica	Bambu	0.816 ns
	Eucalipto	Bambu	0.816 ns
out./2023	Mata Atlântica	Eucalipto	0.770429 ns
	Mata Atlântica	Bambu	0.456283 ns
	Eucalipto	Bambu	0.497323 ns

* $p < 0.05$; ns: não significativo.

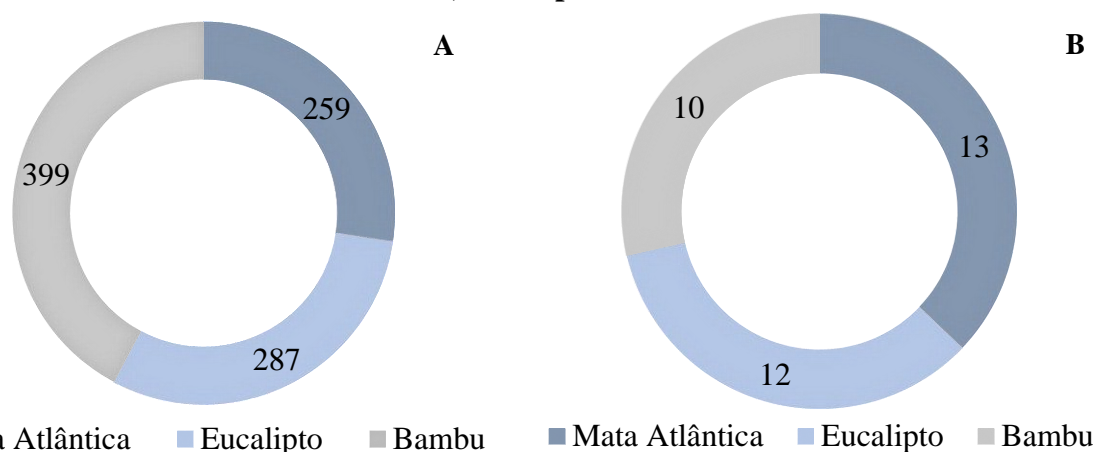
Elaboração: João Gomes da Costa, mar., 2024.

4.2.2.2 Macrofauna da serapilheira

A macrofauna da serapilheira é representada pelos invertebrados que vivem nas camadas do material orgânico aportado ao solo, no qual são capazes de desenvolver uma população diversificada (Giracca *et al.*, 2003), uma vez que fornecem aos organismos que habitam, uma ampla variedade de nichos ecológicos (Bezerra; Andrade, 2021).

Na triagem da serapilheira das áreas estudadas foi quantificada uma abundância total de 945 organismos, nos quais 399 foi registrado na área de Bambu, 287 no ambiente de Eucalipto e 259 indivíduos na Mata Atlântica (Gráfico 11A), onde foi verificada que a Mata Atlântica e o Eucalipto apresentaram a maior similaridade quanto a abundância com 94,87%, seguido de Bambu e Eucalipto com 83,67% e Bambu e Mata Atlântica com 78,72% (Figura 25).

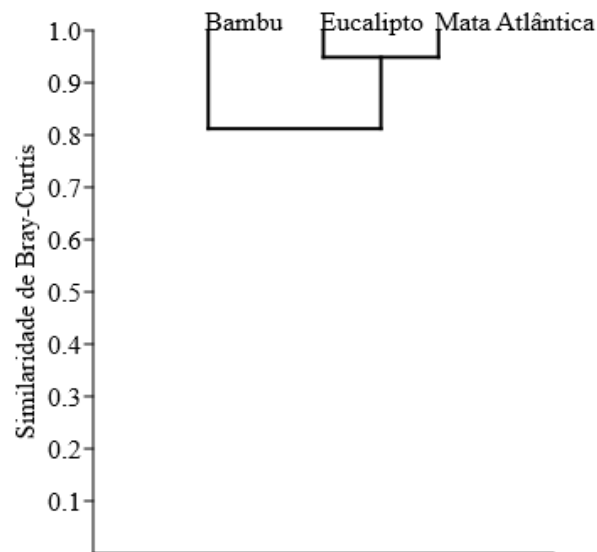
Gráfico 11 - Abundância (A) e riqueza (B) dos grupos taxonômicos da serapilheira dos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

A maior abundância nos ambientes de Eucalipto e Bambu é justificada pela presença de dois grupos dominantes: Hymenoptera e Diplopoda. O grupo Hymenoptera tem como característica ocupar os mais variados tipos de ambiente (Silva, 2014; Silva *et al.*, 2019), assim como os diplópodes que vivem por todo o mundo e são reconhecidos como decompositores de matéria orgânica (Garcia; Campos, 2001). Avaliando o acúmulo da serapilheira no Parque Municipal de Maceió em três áreas (Conservada, Transição e Alterada), Silva *et al.* (2022) verificaram na macrofauna da serapilheira que a maior abundância na área em Transição foi justificada pelo intenso descarte de lixo na área, propiciando um ambiente atrativo para organismos do grupo funcional saprófagos (ex.: Isopoda, Blattodea e Diplopoda).

Figura 25 - Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância (A e B) da macrofauna da serapilheira nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

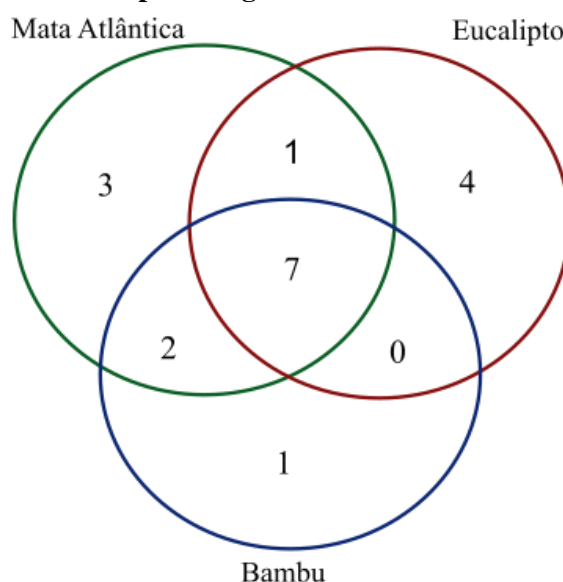
Um aspecto que chamou atenção foi que conforme houve maior abundância de invertebrados na área (Gráfico 11A), menor foi o acúmulo de serapilheira (Tabelas 16 e 17), em decorrência dos teores mais elevados do N, P, K da serapilheira, notadamente em Bambu, assim como dos menores teores de lignina, carbono e relação C:N (Tabela 18), que conferem a liteira menor resistência aos invertebrados decompositores (Oliveira *et al.*, 2020), como os diplópodes.

Já a riqueza totalizou 18 grupos taxonômicos, com 13 na Mata Atlântica, 12 no Eucalipto e 10 no Bambu (Gráfico 11B). No qual, 7 grupos foram comuns entre todas as áreas, 2 grupos entre Mata Atlântica e Bambu, 1 grupo entre Mata Atlântica e Eucalipto, e 4 grupos foram exclusivos de Eucalipto, 3 de Mata Atlântica e 1 grupo de Bambu (Figura 26).

A maior riqueza na área de Mata Atlântica está associada a variedade de matéria orgânica aportada ao solo (Tabelas 16 e 17), favorecendo a manutenção de variados grupos taxonômicos da macrofauna da serapilheira. Drummond-Alves, Antonini e Nunes-Freitas (2017) explicam que as comunidades edáficas respondem de forma rápida e direta as perturbações, modificando a composição dos grupos e a abundância, sendo necessário uma variada camada de serapilheira para a manutenção das mesmas. Essa assertiva é reforçada por Oliveira *et al.* (2014) que apontam que fatores como a heterogeneidade da serapilheira e da vegetação (complexidade estrutural) aliado as condições microclimáticas modificam a diversidade da fauna invertebrada do solo. Pereira Júnior *et al.* (2022) explicam que caso, o

volume da precipitação pluvial seja elevado e o solo não possua cobertura vegetal suficiente para protegê-lo, a abundância e a riqueza dos invertebrados do solo serão comprometidas, pois o escoamento superficial acelerará a perda e/ou transporte destes indivíduos para outros habitats.

Figura 26 - Riqueza da macrofauna da serapilheira nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representados pelo Diagrama de Venn.



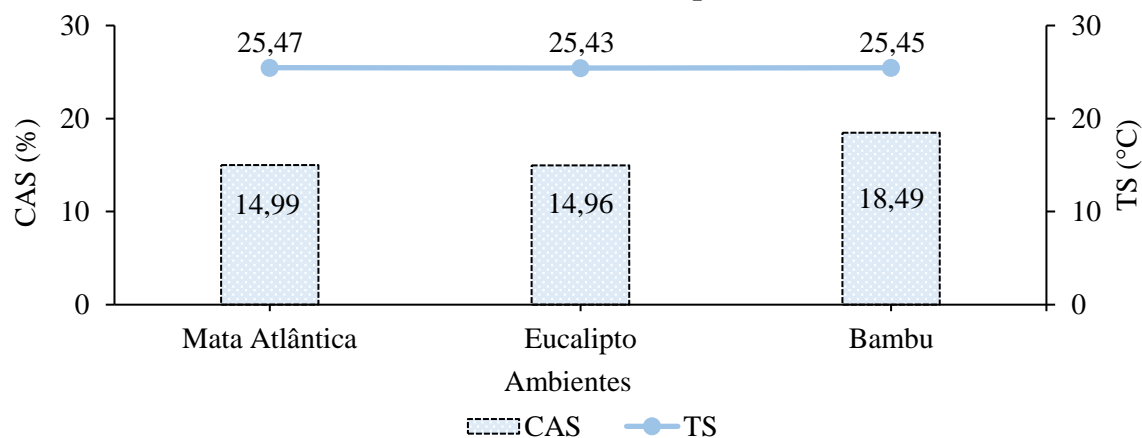
Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Neste estudo no Parque do Horto de Maceió foi observado que a variável edafoclimática temperatura do solo não apresentou resultados muito discrepantes entre as áreas. Desse modo, a área de Mata Atlântica por ter uma vegetação mais sombreada, em função das copas das plantas serem mais adensadas, manteve a serapilheira mais aquecida com temperatura mais elevada (25,47 °C), seguida de Bambu (25,45 °C) e Eucalipto (25,43 °C) (Gráfico 12). Essa temperatura dos três ambientes manteve-se na faixa ideal para o desenvolvimento dos organismos invertebrados, que segundo Gallo *et al.* (2002) é 25 °C, com os limiares variando entre 15 e 38 °C.

Já o Conteúdo de Água do Solo foi maior na área de Bambu com 18,49% (Gráfico 12), justificado pela menor camada de serapilheira acumulada sobre o solo (Tabelas 16 e 17), uma vez que a manutenção da umidade no solo tem relação direta com a serapilheira que é um compartimento de estocagem de água (Lima *et al.*, 2021). Os autores ainda explicam que logo após um evento de chuva, a água fica retida no compartimento serapilheira e lentamente vai se infiltrando no solo e isto está associado ao material predominante na serapilheira como espécies com maior aporte, como no caso da Mata Atlântica e do Eucalipto que apresentaram maior acúmulo (Tabelas 16 e 17) e logo menores percentuais do CAS (Gráfico 12), já que a

serapilheira é mais densa nas duas áreas e desta forma retém a água impedindo que infiltre no solo com a mesma intensidade que no Bambu.

Gráfico 12 - Temperatura do solo (TS) e Conteúdo de Água do Solo (CAS) nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov. 2023.

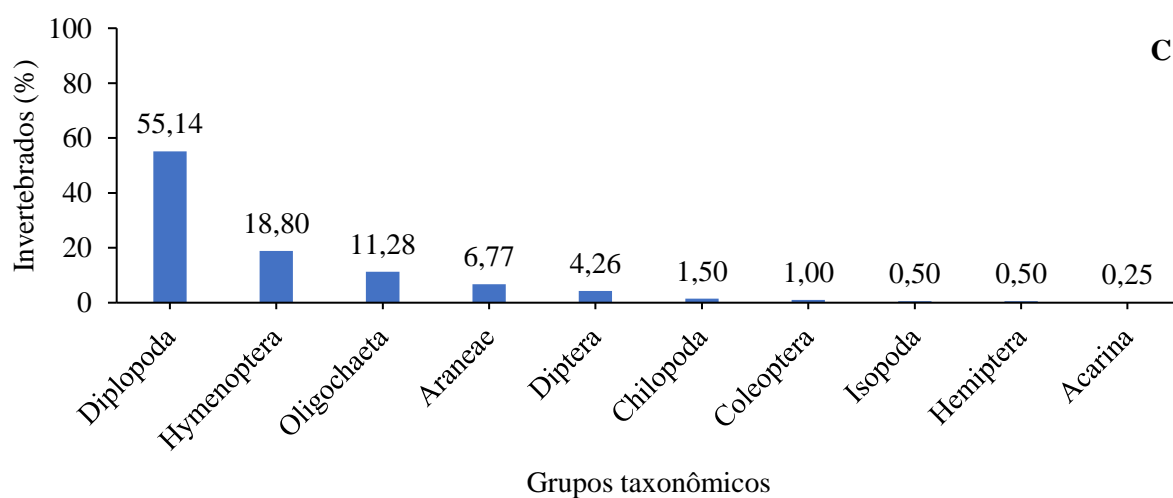
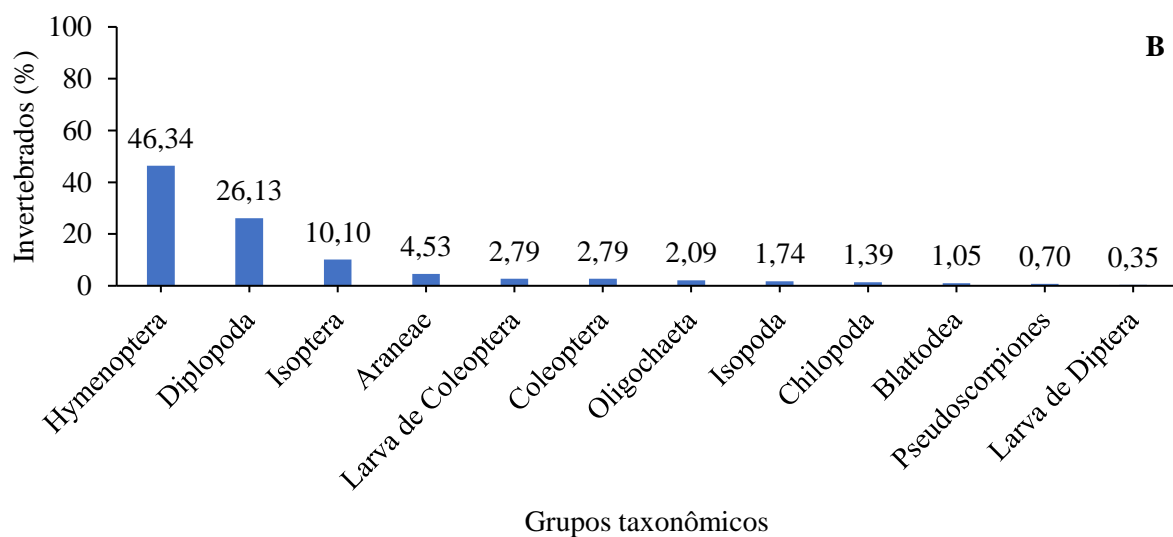
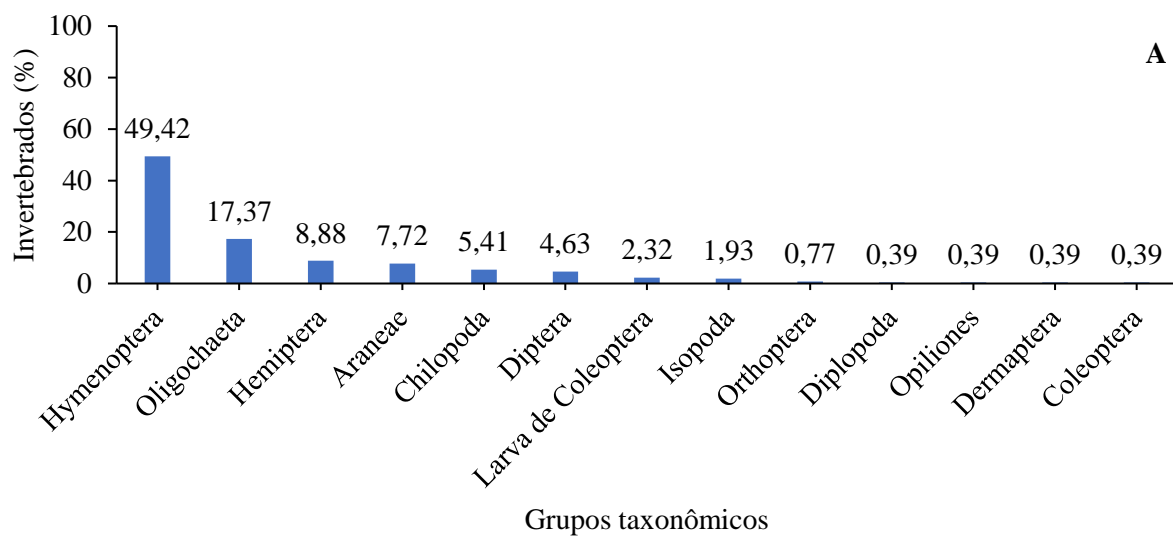
Quanto aos percentuais de distribuição dos grupos taxonômicos, na área de Mata Atlântica foi verificada maior presença do grupo Hymenoptera (49,42%), seguida por Oligochaeta (17,37%) (Gráfico 13A).

Na área de Eucalipto os grupos de invertebrados da serapilheira que apresentaram os maiores percentuais de distribuição foram Hymenoptera (46,34%) e Diplopoda (26,13%), concentrado 72,47% dos indivíduos da área (Gráfico 13B).

Na área de Bambu observou-se o inverso da área de Eucalipto, no qual Diplopoda apresentou o maior percentual com 55,14% e Hymenoptera com 18,80%, representando a maior concentração (73,94%) de indivíduos dentre as áreas estudadas (Gráfico 13C).

Os elevados percentuais de diplópodes nas áreas de Eucalipto e, especialmente, no Bambu é impulsionado pelo comportamento estacional desses indivíduos, que tanto em ambientes temperados como em tropicais, apresentam uma relação direta com a precipitação (Uhlig, 2005) que nos meses de coleta corresponderam a 579 mm (maio/2022), 360 mm (maio/2023) e 27,6 mm (out./2023) (Gráfico 1) e conforme diminuiu o volume da precipitação durante os meses, foi verificada queda na abundância desses indivíduos. Isto ocorreu, pois, este grupo é afetado pela redução da umidade do solo, uma vez que estão sujeitos à rápida dessecação (Menta; Remelli, 2020) e somente abandonam seus esconderijos no período noturno em dias chuvosos, enquanto em dias secos, vivem em estado de dormência (Uhlig, 2005).

Gráfico 13 - Percentagem (%) dos grupos taxonômicos da serapilheira dos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov. 2023.

Outro fator determinante para essa elevada abundância é o hábito alimentar dos organismos, uma vez que se alimentam predominantemente de material orgânico em decomposição ou em putrefação (Garcia; Campos, 2001; Uhlig, 2005). Sobretudo em Bambu, é comum encontrar esse tipo de material, que é potencializado pelo descarte irregular de lixo (ex.: garrafa pet, vidro, latas de refrigerante) e entulho (ex.: anilha de concreto, restos de tijolos, telhas, madeira) (Figura 27A a 27D) assim como, material orgânico de outras espécies vegetais que são varridos da trilha próxima a esta área, para dentro desse ambiente.

Figura 27 - Lixo encontrado no ambiente de Bambu: anilha de concreto (A), lata de refrigerante (B), lixeira (C), prato de isopor e sacola de plástico (D).



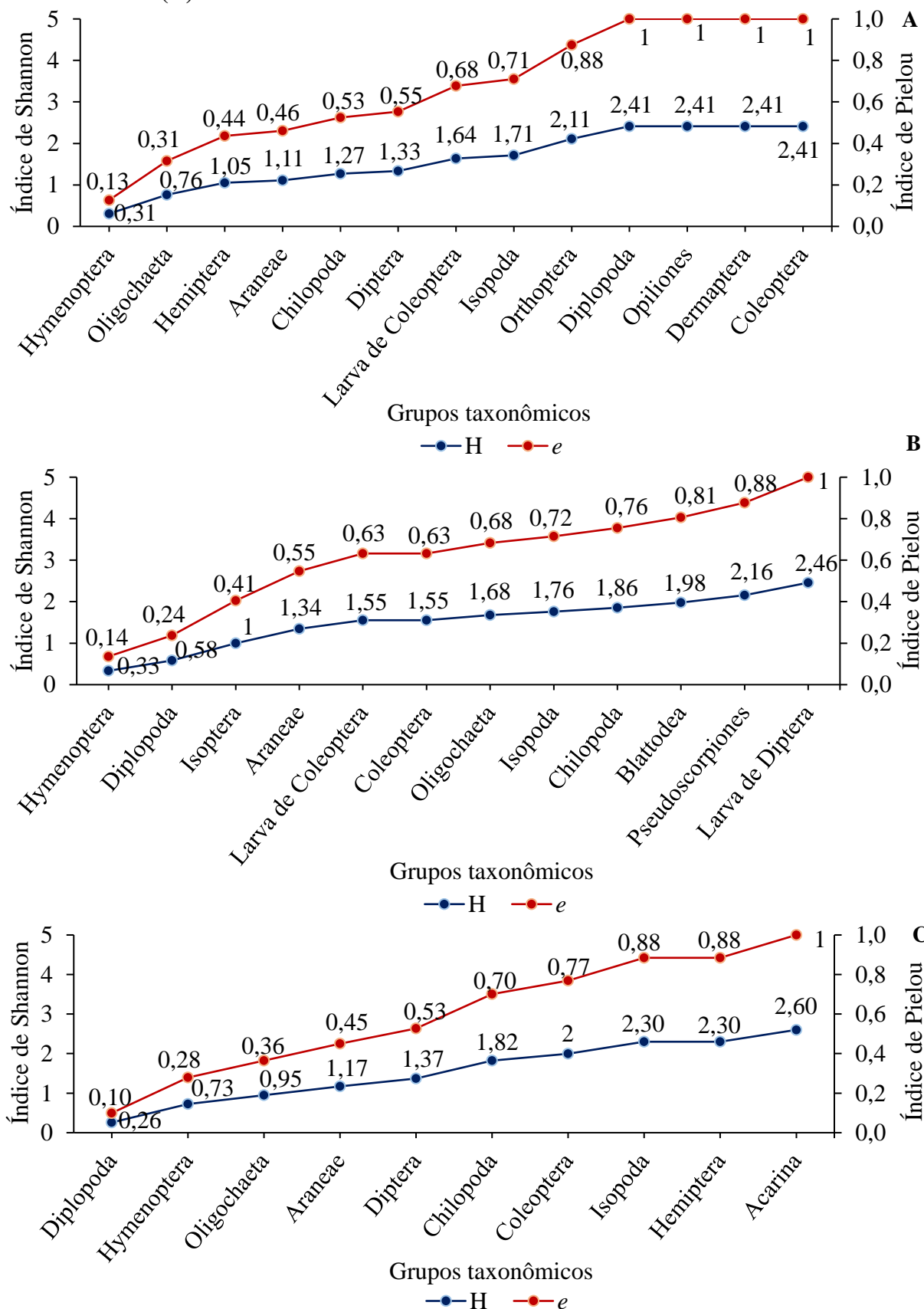
Fotos: Renato Wilian Santos de Lima (figuras A e B) e Roberta Agta Nunes Barbosa (figuras C e D), maio, 2022.

Os índices de diversidade de Shannon (H) e uniformidade de Pielou (e) da macrofauna da serapilheira confirmam os resultados anteriores ao constatarem maior dominância e menor uniformidade para o grupo Hymenoptera na área de Eucalipto ($H = 0,33$; $e = 0,14$) (Gráfico 14B) e Mata Atlântica ($H = 0,31$; $e = 0,13$) (Gráfico 14A), enquanto que na área de Bambu o grupo mais dominante foi Diplopoda ($H = 0,26$; $e = 0,10$) (Gráfico 14C), comprovado pelos menores valores dos índices (H) e (e) (Begon; Harper; Townsend, 1996).

Quanto aos grupos raros, nos quais os índices ecológicos dão ênfase com valores mais elevados, foi verificado na área de Eucalipto: Larva de Diptera ($H=2,46$; $e=1$), Pseudoscorpiones ($H=2,16$; $e=0,88$) e Blattodea ($H=1,98$; $e=0,81$) (Gráfico 14B). No fragmento de Mata Atlântica, os grupos raros foram Coleoptera ($H=2,41$; $e=1$), Dermaptera ($H=2,41$; $e=1$), Opiliones ($H=2,41$; $e=1$) e Diplopoda ($H=2,41$; $e=1$) (Gráfico 14A). E em Bambu, foram Acarina ($H=2,60$; $e=1$), Hemiptera ($H=2,30$; $e=0,88$) e Isopoda ($H=2,30$; $e=0,88$) (Gráfico 14C).

A maioria desses invertebrados alimentam-se de matéria orgânica em decomposição, participando efetivamente da mineralização de nutrientes, transformando a matéria orgânica em matéria inorgânica associada aos decompositores (Bezerra; Andrade, 2021). Desta forma influenciam diretamente nos processos ecossistêmicos, como a fragmentação da serapilheira, alterando a estrutura física, química e biológica do solo e a produtividade primária das plantas (Bezerra; Andrade, 2021; Maestri *et al.*, 2013).

Gráfico 14 - Índice de Shannon (H) e Pielou (e) dos organismos invertebrados da serapilheira nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

4.2.2.2.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da macrofauna da serapilheira

Verificou-se pelo teste de Kruskal-Wallis que não há diferença significativa entre as áreas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) em relação a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade. Ao analisar os meses, houve somente diferença para as variáveis abundância ($X^2_{(2)} = 8.7095$; p -value = 0.01285) e riqueza ($X^2_{(2)} = 10.803$; p -value = 0.004509), enquanto que as demais variáveis não apresentaram diferença significativa (Tabela 10).

Tabela 10 - Testes de Kruskal-Wallis para a macrofauna da serapilheira por área e meses

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
Abundância	0.47116	8.7095	2	2	0.7901 ns	0.01285 *
Riqueza	0.43211	10.803	2	2	0.8057 ns	0.004509 *
Diversidade	1.4368	1.8702	2	2	0.4875 ns	0.3925 ns
Uniformidade	15.919	4.0785	2	2	0.0003493 ns	0.1301 ns

* $p < 0.05$; ns: não significativo.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Pelo teste Post-hoc de Dunn observou-se que não houve diferença significativa para as variáveis abundância, riqueza e diversidade da macrofauna da serapilheira, houve somente diferença significativa na uniformidade entre Bambu e Mata Atlântica, e entre Bambu e Eucalipto. Já em relação aos meses, foi verificada diferenças somente para a abundância e riqueza entre os meses de maio/2022 e maio/2023 (Tabela 11).

Tabela 11 - Post-hoc de Dunn para a macrofauna da serapilheira em relação as áreas e meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p ajustado e com significância			
Áreas		Abundância	Riqueza	HMSE	eMSE
MA	E	1 ns	1 ns	0.894 ns	0.880 ns
MA	B	1 ns	1 ns	0.901 ns	0.0150 *
E	B	1 ns	1 ns	1 ns	0.000342 ***
Meses					
maio/22	maio/23	0.0108 *	0.00344 **	1 ns	0.188 ns
maio/22	out./23	0.184 ns	0.123 ns	0.553 ns	0.323 ns
maio/23	out./23	0.895 ns	0.679 ns	1 ns	1 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de p ajustado pelo método de Bonferroni; Legenda: MA = Mata Atlântica; E = Eucalipto; B = Bambu; HMSE = Diversidade de Shannon da macrofauna da serapilheira; eMSE = Uniformidade de Pielou da macrofauna da serapilheira. Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.2.2.2.2 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn das variáveis edafoclimáticas

Foram também realizados testes estatísticos visando observar se houve diferença significativa entre as três áreas e entre os três meses avaliados quanto as variáveis edafoclimáticas, e foram obtidos os seguintes resultados.

Pelo teste de Kruskal-Wallis, o conteúdo de água do solo foi a única variável que apresentou diferença estatística entre as áreas e entre os meses. Já a temperatura do solo e a precipitação pluvial obtiveram somente diferença significativa entre os meses (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis edafoclimáticas

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
CAS	11.724	30.961	2	2	0.002845 *	1.892 e ⁻⁰⁷ *
TS	0.018683	45.778	2	2	0.9907 ns	1.146 e ⁻¹⁰ *
PP	0	89	2	2	1 ns	2.2 e ⁻¹⁶ *

* p<0.05; ns: não significativo.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

O post-hoc de Dunn apontou que há diferença significativa do conteúdo de água do solo entre as áreas de Bambu e Mata Atlântica, e entre Bambu e Eucalipto. Enquanto para as variáveis temperatura do solo e precipitação pluvial não foi verificada diferenças significativas entre as áreas. Durante os meses todas as variáveis apresentaram diferença significativa, exceto a temperatura do solo entre maio/2022 e out./2023 (Tabela 13).

Tabela 13 - Post-hoc de Dunn para as variáveis edafoclimáticas em relação as áreas e meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p ajustado e com significância			
		Áreas	CAS	TS	PP
MA	E		1 ns	1 ns	1 ns
MA	B		0.00984 **	1 ns	1 ns
E	B		0.00838 **	1 ns	1 ns
		Meses			
maio/22	maio/23		2.97 e ⁻² *	2.61 e ⁻¹⁰ ****	7.18 e ⁻⁶ ****
maio/22	out./23		8.65 e ⁻³ **	3.41 e ⁻¹ ns	1.18 e ⁻²⁰ ****
maio/23	out./23		8.12 e ⁻⁸ ****	2.79 e ⁻⁶ ****	7.18 e ⁻⁶ ****

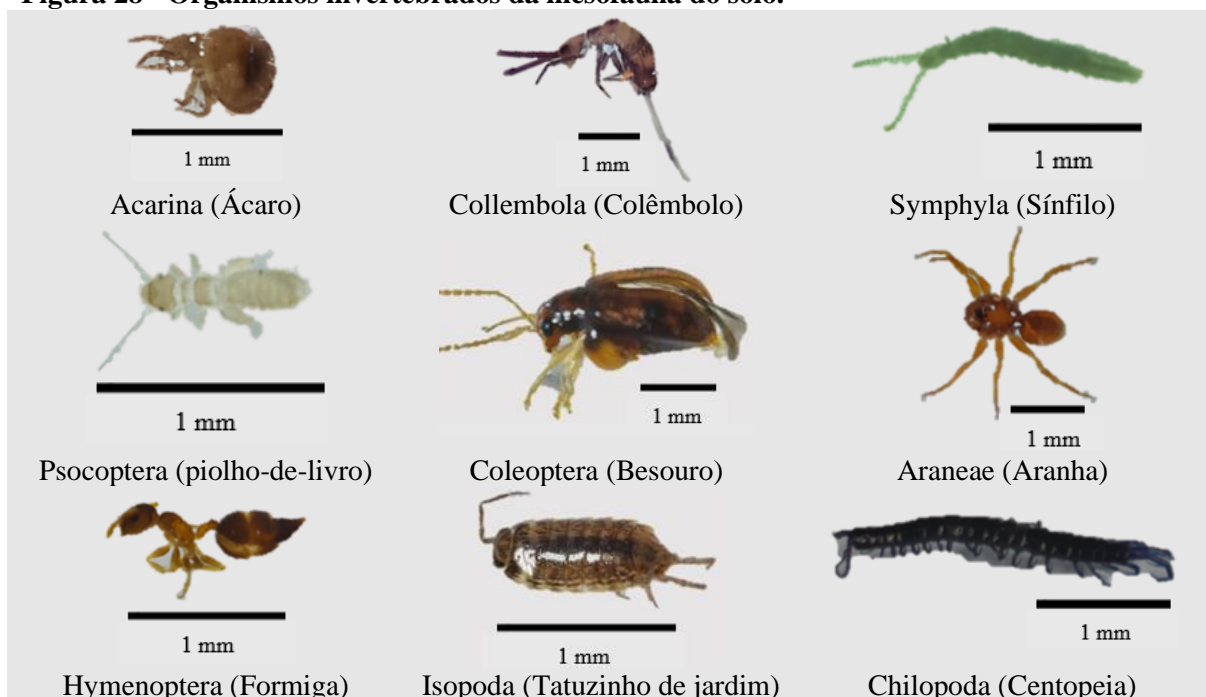
* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, **** p<0.0001, ns: não significativo; Valor de p ajustado pelo método de Bonferroni; Legenda: MA = Mata Atlântica; E = Eucalipto; B = Bambu; CAS: Conteúdo de Água do Solo; TS: Temperatura do Solo; PP: Precipitação Pluvial.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.2.3 Mesofauna invertebrada do solo

Os organismos da mesofauna invertebrada do solo amostrados nas coletas de dados (maio/2022, maio/2023 e out./2023) nas áreas estudadas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) encontram-se dispostas na Figura 28.

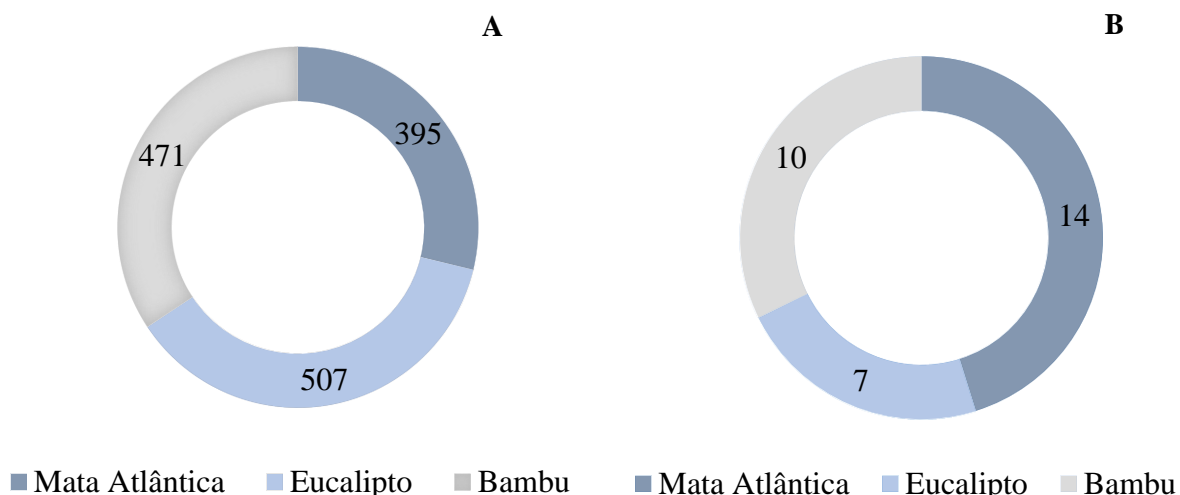
Figura 28 - Organismos invertebrados da mesofauna do solo.



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, set., 2022.

Os organismos invertebrados da mesofauna invertebrada do solo com comprimento ($\geq 0,2 \leq 2,0$ mm), totalizaram 1.373 organismos (Gráfico 15A) e foi registrada uma variedade de 16 grupos taxonômicos (Gráficos 15B e 16A a C).

Gráfico 15 - Abundância (A) e riqueza (B) da mesofauna invertebrada do solo nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.

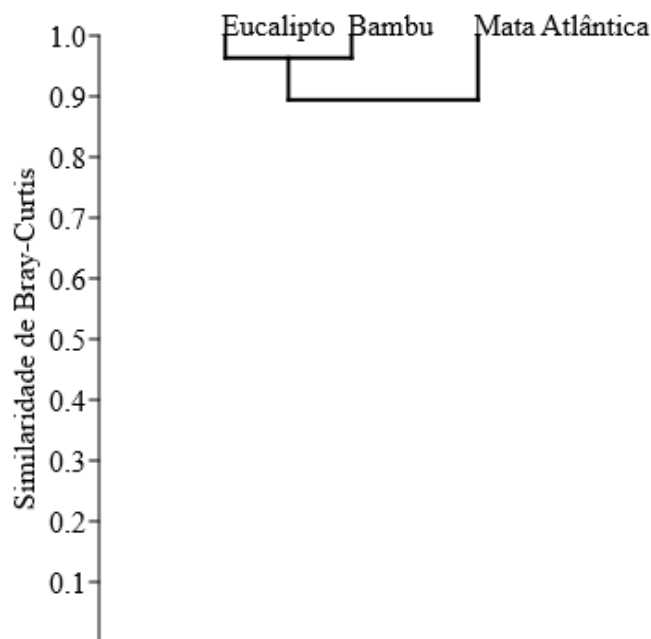


Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Esses organismos estão distribuídos nas áreas em 507 indivíduos no ambiente de Eucalipto, 471 no Bambu e 395 na Mata Atlântica (Gráfico 15A). Foi verificada maior similaridade entre as áreas de Bambu e Eucalipto com 96,32%, enquanto Mata Atlântica e Bambu apresentaram 91,22% e Mata Atlântica e Eucalipto obtiveram 87,58% de similaridade (Figura 29), demonstrando grande homogeneidade entre as áreas quanto a abundância.

A expressiva abundância de ácaros nos ambientes com espécies exóticas (Eucalipto=442 ind.; Bambu=306 ind.) foi fator determinante para maior abundância destes ambientes quando comparados com a Mata Atlântica, que apresentou maior riqueza dos organismos invertebrados da mesofauna edáfica (Gráfico 15B). Bernardi *et al.* (2017) explicam que os invertebrados da mesofauna se desenvolvem em espaços porosos, pequenas galerias e na matéria orgânica presente no solo. Assim, a maior presença de ácaros, notadamente em Eucalipto, é justificada pela maior compactação do solo desta área (Tabela 28), que apresentou maior densidade do solo ($1,16 \pm 0,01 \text{ g cm}^{-3}$) e densidade de partículas ($2,48 \pm 0,06 \text{ g cm}^{-3}$), assim como menor porosidade do solo ($0,53 \pm 0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Tabela 28), no qual reduziu a presença de indivíduos mais sensíveis a compactação e favoreceu a presença de organismos mais resistentes, como os ácaros no local (Schardong, 2017). Avaliando abundância e a riqueza da mesofauna edáfica nas camadas de 0-5 e 5-10 cm no Parque Municipal de Maceió, Souza, M. *et al.* (2019) constataram que independente da profundidade do solo, o grupo Acarina foi o mais dominante, o que indica que mesmo em camadas com menor quantidade de matéria orgânica e maior compactação, esses indivíduos têm capacidade de resistir e serem mais dominantes.

Figura 29 - Dendrograma de Similaridade de Bray-Curtis pelo método paired group (UPGMA) de abundância da mesofauna nas áreas de estudo (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu).

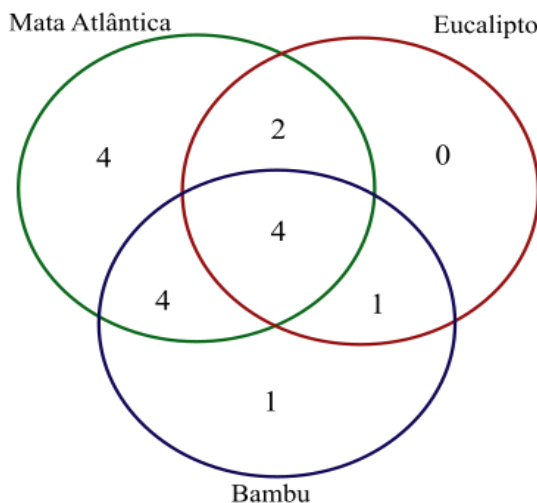


Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

A riqueza da mesofauna correspondeu a 14 grupos taxonômicos na área de Mata Atlântica, 10 na área de Bambu e 7 no Eucalipto (Gráfico 15B), sendo 4 grupos comuns entre todas as áreas, 4 comuns entre as áreas de Bambu e Mata Atlântica, 2 grupos comuns entre Mata Atlântica e Eucalipto e apenas um grupo comum entre Eucalipto e Bambu. Já os grupos exclusivos encontrados foram 4 na Mata Atlântica e 1 grupo exclusivo no Bambu (Figura 30). Essa elevada riqueza verificada na área de Mata Atlântica se deve ao maior equilíbrio do ambiente, uma vez que florestas nativas apresentam maior complexidade e estabilidade estrutural (Gedoz *et al.*, 2021).

A riqueza e a estrutura das comunidades de invertebrados são dependentes das condições ambientais (ex.: quantidade de serapilheira estocada, fitofisionomia, umidade, entre outros) e habitats mais complexos, como na Mata Atlântica, onde ocorre maior disponibilidade de nichos ecológicos, abrigo e recursos alimentares, assim como menor risco de predação, já em ambientes simplificados, como no Eucalipto, tendem a ser mais restritivos, favorecendo alguns grupos em detrimento de outros mais sensíveis (Spiller; Spiller; Garlet, 2018). Ainda de acordo com os autores, é comum encontrar nas florestas uma diversidade maior de insetos, geralmente com abundância reduzida e riqueza elevada, devido as populações serem controladas pelas relações interespecíficas, como foi o caso da Mata Atlântica.

Figura 30 - Riqueza da mesofauna nos ambientes de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu representados pelo Diagrama de Venn.



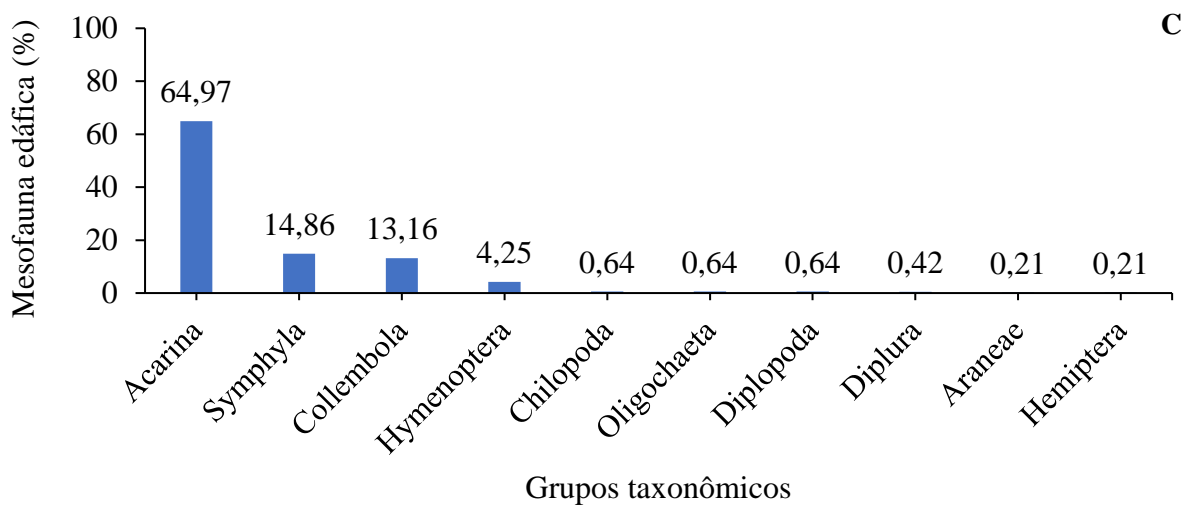
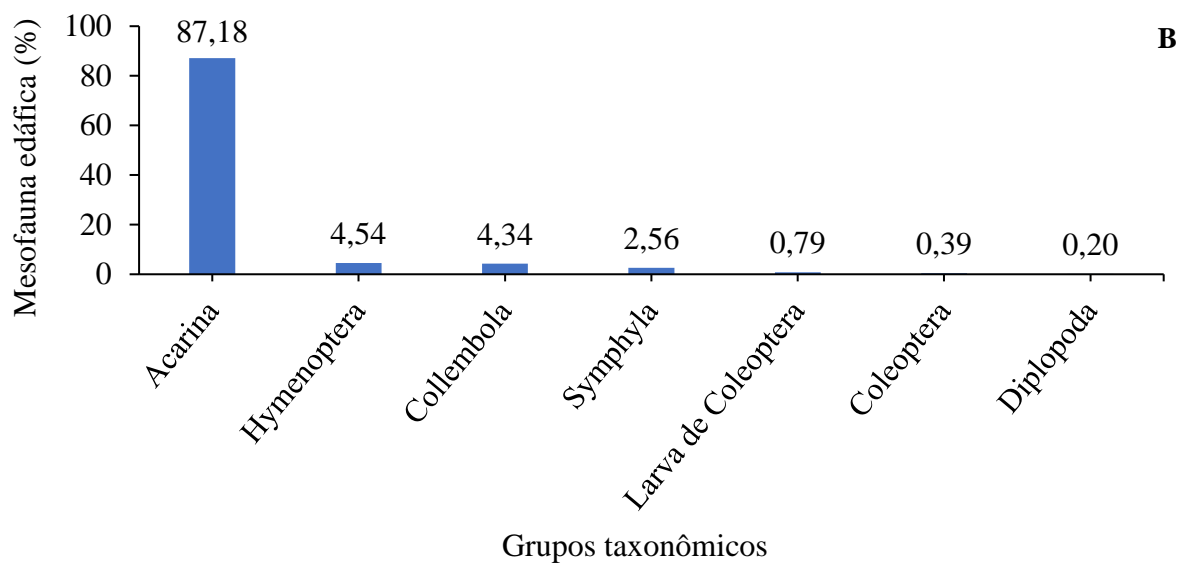
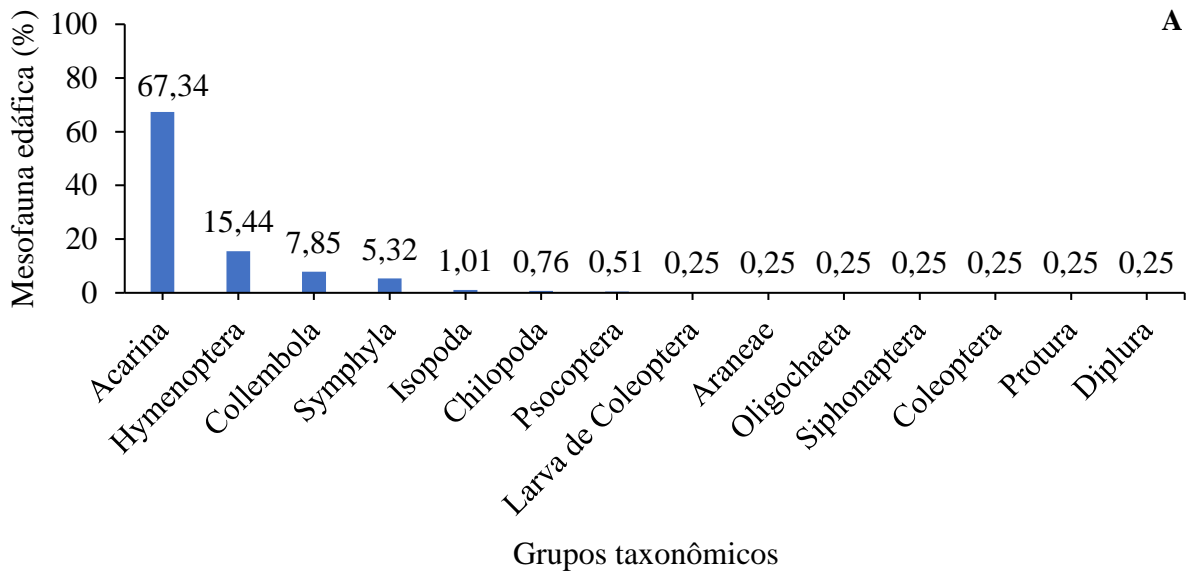
Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Analisando-se o percentual de ocorrência dos grupos taxonômicos de invertebrados da mesofauna, observou-se que 95,95% dos organismos encontrados na Mata Atlântica se concentraram entre os grupos Acarina=67,34%; Hymenoptera=15,44%, Collembola=7,85% e Symphyla=5,32% (Gráfico 16A). Também na área de Bambu houve uma boa distribuição dos invertebrados da mesofauna, sendo: Acarina (64,97%), Symphyla (14,86%), Collembola (13,16%) e Hymenoptera (4,25%), totalizando 97,24% (Gráfico 16C). Enquanto no Eucalipto os organismos se concentraram principalmente no grupo Acarina com 87,18% (Gráfico 16B). Calheiros *et al.* (2022) atribuíram a melhor distribuição dos grupos da mesofauna edáfica a expressiva quantidade de matéria orgânica do solo, que também foi muito elevada nas áreas de Bambu ($171,3 \pm 101,33 \text{ g dm}^{-3}$) e Mata Atlântica ($117,52 \pm 45,86 \text{ g dm}^{-3}$) do Parque do Horto de Maceió (Tabela 31).

As florestas nativas, como no caso da área de Mata Atlântica, são ambientes favoráveis para os invertebrados, já que oferecem alto teor de matéria orgânica no solo, além de serapilheira espessa (Tabelas 16 e 17) que garante sombra e evita os efeitos das gotas da chuva diretamente no solo, retendo a umidade no solo e calor, sendo a base para o estabelecimento de uma grande variedade de grupos (Carvalho *et al.*, 2023).

Já na área de Bambu foi possível verificar variada distribuição dos grupos devido ao descarte irregular de lixo na área (Figura 27A a 27D), atraindo desta forma grupos de outros habitats para o local em busca de alimento. Além disso, a composição nutricional da serapilheira do Bambu é mais rica em N, P, K e os teores de lignina, carbono e relação C:N são menores (Tabela 18), permitindo maior atividade da comunidade decompositora (ex.: ácaros) na área.

Gráfico 16 - Percentual da mesofauna invertebrada do solo nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



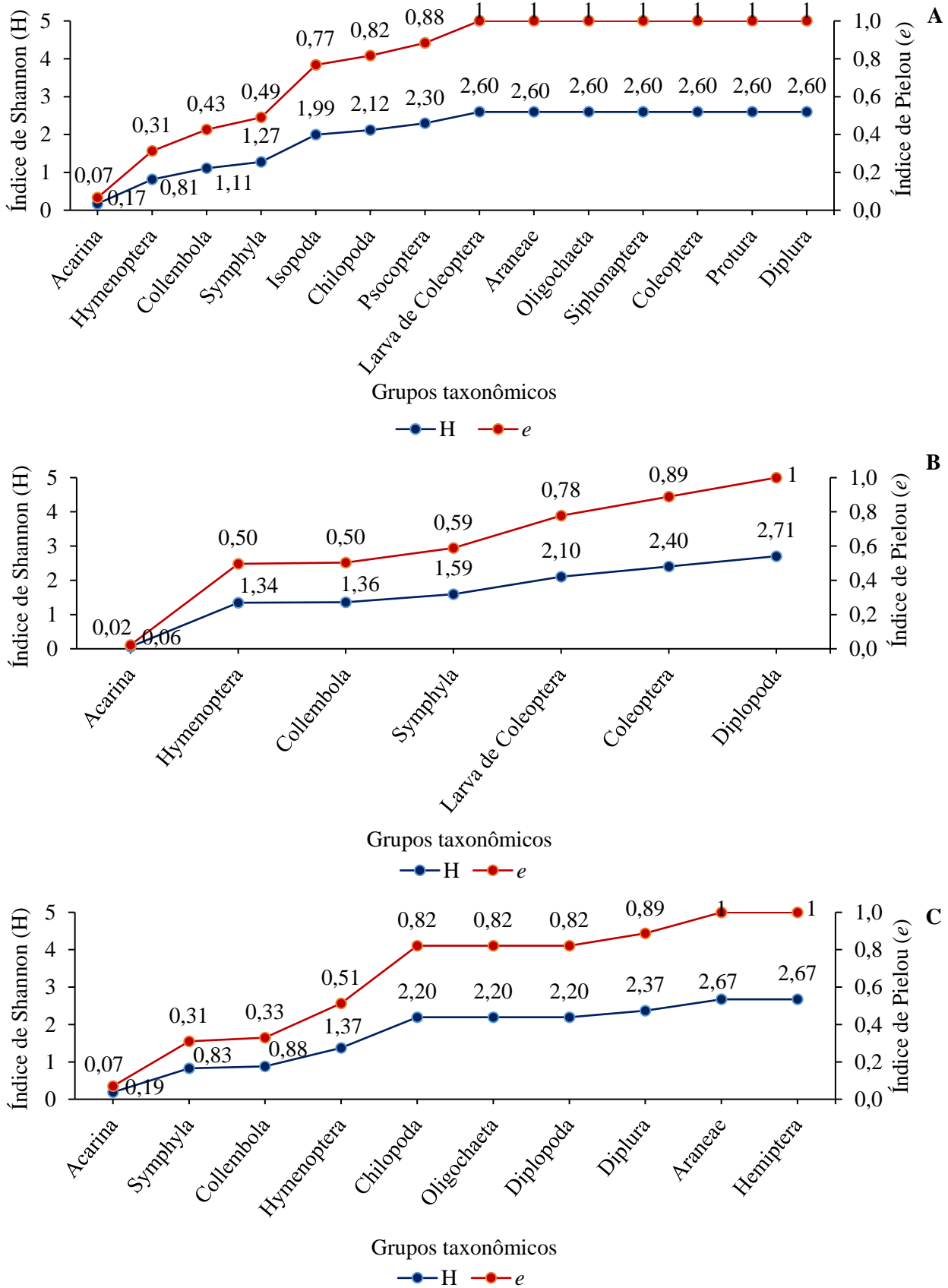
Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Os índices de Shannon e Pielou aplicados a mesofauna confirmam que Acarina ($H=0,17$; $e=0,07$), Hymenoptera ($H=0,81$; $e=0,31$), Collembola ($H=1,11$; $e=0,43$) e Symphyla ($H=1,27$; $e=0,49$) são os grupos com menor diversidade e uniformidade no ambiente de Mata Atlântica (Gráfico 17A). Na área de Eucalipto, destacou-se Acarina ($H=0,06$; $e=0,02$) (Gráfico 17B) e, no Bambu, Acarina ($H=0,19$; $e=0,07$) e Symphyla ($H=0,83$; $e=0,31$), Collembola ($H = 0,88$; $e = 0,33$) e Hymenoptera ($H = 1,37$; $e = 0,51$) (Gráfico 17C).

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 de umidade. Segundo Souza, M. *et al.* (2019), 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).

Em levantamento da mesofauna em três áreas (Conservada, Transição e Alterada) no Parque Municipal de Maceió, Dias *et al.* (2022) observaram maior dominância dos grupos Acarina (Conservado: $H= 0,08$; $e= 0,03$; Transição: $H= 0,09$; $e= 0,03$; Alterado: $H= 0,12$; $e= 0,04$), Collembola (Conservado: $H= 1,50$; $e= 0,58$; Transição: $H= 1,26$; $e= 0,45$; Alterado: $H= 1,13$; $e= 0,41$) e Hymenoptera (Conservado: $H= 1,33$; $e= 0,51$; Transição: $H= 1,96$; $e= 0,69$; Alterado: $H= 1,70$; $e= 0,62$) devido a alta dominância destes indivíduos em ambientes florestais, notadamente Acarina. Ainda de acordo com os autores, a precipitação pluvial e a temperatura do solo influenciaram na presença desses indivíduos nas áreas.

Gráfico 17 - Índices de Shannon (H) e Pielou (e) da mesofauna invertebrada do solo nos ambientes de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

4.2.3.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da Mesofauna invertebrada do solo

Analisando-se a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade da mesofauna edáfica, o teste de Kruskal-Wallis indicou que não houve diferença entre as variáveis em relação as áreas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu). Houve diferença somente entre os meses para abundância ($X^2_{(2)} = 28.576$; $p\text{-value} = 6.234 e^{-07}$) e riqueza ($X^2_{(2)} = 8.889$; $p\text{-value} = 0.01174$) (Tabela 14).

Tabela 14 - Kruskal-Wallis para a mesofauna edáfica por área e meses

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
Abundância	1.3818	28.576	2	2	0.5011 ns	6.234 e ⁻⁰⁷ *
Riqueza	4.0927	8.889	2	2	0.1292 ns	0.01174 *
Diversidade	1.469	0.27566	2	2	0.4798 ns	0.8712 ns
Uniformidade	0.22775	4.9835	2	2	0.8924 ns	0.08277 ns

* $p < 0.05$; ns: não significativo.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

O post-hoc de Dunn apontou diferenças somente entre os meses para abundância da mesofauna edáfica (maio/2022 e out./2023; maio/2023 e out./2023) e riqueza (maio/2022 e out./2023) (Tabela 15).

Tabela 15 - Post-hoc de Dunn para a mesofauna edáfica em relação as áreas e meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p ajustado e com significância				
		Áreas	Abundância	Riqueza	HMESO	eMESO
MA	E		1 ns	0.269 ns	1 ns	1 ns
MA	B		0.735 ns	1 ns	0.689 ns	1 ns
E	B		1 ns	0.215 ns	1 ns	1 ns
Meses						
maio/22	maio/23		1 e ⁺⁰ ns	0.411 ns	1 ns	1 ns
maio/22	out./23		1.81 e ⁻⁶ ****	0.00861 **	1 ns	0.132 ns
maio/23	out./23		9.79 e ⁻⁵ ****	0.405 ns	1 ns	0.197 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de p ajustado pelo método de Bonferroni; Legenda: MA = Mata Atlântica; E = Eucalipto; B = Bambu; HMESO = Diversidade de Shannon da mesofauna edáfica; eMESO = Uniformidade de Pielou da mesofauna edáfica.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.3 Quantificação do acúmulo de serapilheira

Em relação a amostragem mensal da serapilheira acumulada, observou-se que a área que apresentou maior acúmulo na maioria dos meses foi Mata Atlântica com 15.328,96 kg ha⁻¹ em maio de 2023 e 9.563,86 kg ha⁻¹ em outubro de 2023, sendo que o único mês que não foi superior esta área, foi em maio de 2022, no qual o ambiente de Eucalipto apresentou maior acúmulo (7.952,00 kg ha⁻¹) (Tabela 16). Conforme Souza *et al.* (2012), a serapilheira é mais diversa e heterogênea em ambientes nativos de Mata Atlântica, enquanto em ambientes de florestas de eucalipto, a estrutura da vegetação é homogênea, uma vez que as florestas de eucalipto não apresentam grande complexidade da estrutura da vegetação, como nas florestas nativas, o que impacta negativamente as comunidades da fauna e flora.

Avaliando três distintas áreas (Conservada, Transição e Alterada) no Parque Municipal de Maceió, Silva *et al.* (2022) observaram que a Área I (Conservada) foi a que apresentou o maior acúmulo, em virtude da composição vegetacional dispor de árvores de porte elevado com altura média de 20 m, no qual ofertam melhores condições de proteção ao solo. Enquanto a Área III (Alterada) foi a que apresentou o menor acúmulo de serapilheira, independente do mês, uma vez que a área foi antropizada para o plantio de espécies exóticas como *Ananas comosus* (abacaxi) e *Manihot esculenta* (mandioca).

Tabela 16 - Acúmulo de serapilheira (Kg ha⁻¹) para as Áreas I (Mata Atlântica), II (Eucalipto) e III (Bambu)

Maio/2022									
Áreas	FOL	%	GAL	%	ER	%	MIS	%	Total
I	3.176	50,89	2.748	44,03	134,24	2,15	183,26	2,94	6.241,50
II	4.032	50,70	3.456	43,46	400,00	5,03	64,00	0,80	7.952,00
III	1.692	46,92	1.764	48,92	116,00	3,22	33,86	0,94	3.605,86
Maio/2023									
Áreas	FOL	%	GAL	%	ER	%	MIS	%	Total
I	6.928	45,20	7.532	49,14	864,60	5,64	4,36	0,03	15.328,96
II	5.760	47,86	5.672	47,13	555,60	4,62	46,68	0,39	12.034,28
III	1.928	43,51	2.008	45,32	272,85	6,16	222,20	5,01	4.431,05
Outubro/2023									
Áreas	FOL	%	GAL	%	ER	%	MIS	%	Total
I	2.964	30,99	6.052	63,28	473,49	4,95	74,37	0,78	9.563,86
II	3.644	43,28	4.472	53,12	248,58	2,95	54,18	0,64	8.418,76
III	2.924	62,79	1.580	33,93	141,26	3,03	11,76	0,25	4.657,02

Legenda: FOL: Folhas; GAL: Galhos; ER: Estrutura Reprodutiva; MIS: Miscelânea.

Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Em um único mês (maio/2022) a área de Eucalipto apresentou o maior acúmulo com 7.952,00 kg ha⁻¹ (Tabela 16), em virtude do baixo percentual registrado neste mês do Conteúdo

de Água do Solo (CAS=14,56%), já que a menor umidade ocasiona baixa taxa de decomposição da serapilheira (Melos; Sato; Coelho Netto, 2010), favorecendo um maior acúmulo de material vegetal aportado no solo. Nas demais áreas, verificou-se um percentual de umidade do solo superior (Bambu=17,43% e Mata Atlântica=16,05%).

Além disso, a precipitação pluvial no primeiro mês da coleta (maio/2022), correspondeu 579 mm (Gráfico 1) o que favoreceu diretamente no percentual de umidade do solo nas áreas, de modo que o maior aporte de serapilheira interceptou a umidade do solo, conforme tendência observada nas áreas de Eucalipto>Mata Atlântica>Bambu (Tabela 16).

Em relação a área de Bambu, o acúmulo não foi tão acentuado como verificado nos demais ambientes (Tabelas 16 e 17), em virtude da menor complexidade vegetal da área. Ferreira (2014) afirma que em geral, florestas dominadas por bambus apresentam-se estruturalmente alteradas, com menor riqueza florística e densidade de árvores, assim como redução da biomassa acumulada (Ferreira, 2014).

Tabela 17 - Valores médios das frações folha (FOL), galho (GAL), estrutura reprodutiva (ER) e miscelânea (MIS) (kg ha^{-1}), nas Áreas I (Mata Atlântica), II (Eucalipto) e III (Bambu)

Áreas	FOL	%	GAL	%	ER	%	MIS	%	Total
I	4.356	39,54	5.444	46,29	490,78	45,92	87,33	37,71	10.378,11
II	4.479	40,66	4.533	38,54	401,39	37,55	54,95	23,73	9.468,35
III	2.181	19,80	1.784	15,17	176,70	16,53	89,27	38,56	4.231,31
Total	11.016	100	11.761	100	1.068,87	100	231,56	100	24.077,76

Legenda: FOL: Folhas; GAL: Galhos; ER: Estrutura Reprodutiva; MIS: Miscelânea.

Elaboração: Renato Wiliam Santos de Lima, nov., 2023.

No acumulado médio das frações da serapilheira (média de todos os meses avaliados), as folhas foram a segunda fração mais representativa, totalizando $11.016 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo 4.479 kg ha^{-1} na área de Eucalipto, 4.356 kg ha^{-1} no ambiente de Mata Atlântica e 2.181 kg ha^{-1} na área de Bambu (Tabela 17 e Figuras 31A a 31F). Silva, Ferreira e Neves (2018) explicam que o maior acúmulo da fração galhos, especialmente para o eucalipto, ocorre devido a desrama natural do material. Além disso, os galhos da área de Mata Atlântica e Eucalipto são longos e espessos, o que favorece o maior acúmulo desta fração quando comparada com as folhas.

Na literatura a fração folha é comumente a mais significativa, pois constitui o componente com maior massa e conteúdo de nutrientes orgânicos e inorgânicos (Santana *et al.*, 2009), sendo um dado de grande relevância, uma vez que é a via principal de nutrição de solos tropicais (Farias *et al.*, 2019).

Figura 31 - Fração folhas das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2022.

Os galhos foram os que apresentaram o maior acúmulo médio de serapilheira, apresentando um total de $11.761 \text{ kg ha}^{-1}$, distribuídos em 5.444 kg ha^{-1} na área de Mata Atlântica, 4.533 kg ha^{-1} na área de Eucalipto e 1.784 kg ha^{-1} no Bambu (Tabela 17 e Figuras 32A a 32F). Dentre as diferentes frações da serapilheira, os galhos são responsáveis por aproximadamente 20% do total de materiais depositados sobre os solos florestais (Inkotte *et al.*, 2019). No entanto, como observado nas Tabelas 16 e 17, essa fração apresentou 20% acima do percentual comumente observado na literatura.

Em estudo do acúmulo de serapilheira em povoamentos de pinus e eucalipto no Campus da UFSM, Kleinpaul *et al.* (2003) encontraram maior acúmulo de galhos na área de eucalipto, nos quais atribuem o resultado ao povoamento ser adulto, onde já ocorre desrama natural, fenômeno típico das espécies que compõem o gênero, onde através da queda espontânea dos ramos primordiais da planta, contribuem relevantemente para a fração.

Figura 32 - Fração galhos das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Em relação a fração estrutura reprodutiva foi totalizado da média 1.068,87 kg ha⁻¹ nas três áreas, de modo que na área de Mata Atlântica foi quantificado 490,78 kg ha⁻¹, no ambiente de Eucalipto quantificou-se 401,39 kg ha⁻¹ e na área de Bambu 176,70 kg ha⁻¹ (Tabela 17 e Figuras 33A a 33F).

Nos mais diversos ambientes é possível verificar essa fração como a terceira mais representativa, após as frações folhas e galhos, como nos estudos de Silva *et al.* (2022) em ambiente de Mata Atlântica, Bauer *et al.* (2018) em Floresta Ombrófila Densa e Mista, Carvalho *et al.* (2019) em uma Área de Preservação Permanente, Cerrado Sentido Restrito e Povoamento de *Eucalyptus* e Henriques *et al.* (2016) em Unidade de Conservação na Caatinga.

Esta fração é composta de botões florais, flores, frutos e sementes, tornando a serapilheira fonte de propágulos vegetativos que contribuem para a regeneração das matas e manutenção da diversidade florística, além de formar sobre o solo um banco de sementes de espécies nativas essenciais para ambientes florestais (Silva *et al.*, 2022). No contexto de áreas com espécies vegetais exóticas introduzidas, a formação do banco de sementes facilita no seu sucesso reprodutivo, uma vez que essas espécies produzem toxinas biológicas (alelopatia) que impedem o crescimento de plantas de outras espécies nas imediações (Ziller, 2001a).

Analisando o banco de sementes, a serapilheira acumulada e os atributos químicos do solo, sob cinco diferentes coberturas vegetais na região do Horto Florestal de Ibatiba, no Espírito Santo, Brumatti, Freitas e Oliveira (2023) observaram que na cobertura de eucalipto a germinação de plântulas para o banco de sementes foi pouca, em virtude de substâncias alelopáticas que criam no solo condições desfavoráveis à germinação de outras plantas.

Desta forma, é importante a manutenção do banco de sementes de espécies nativas em detrimento das espécies exóticas, pois caso ocorra alguma perturbação, seu banco de sementes estará mais apto a recuperar o local (Brumatti; Freitas; Oliveira, 2023).

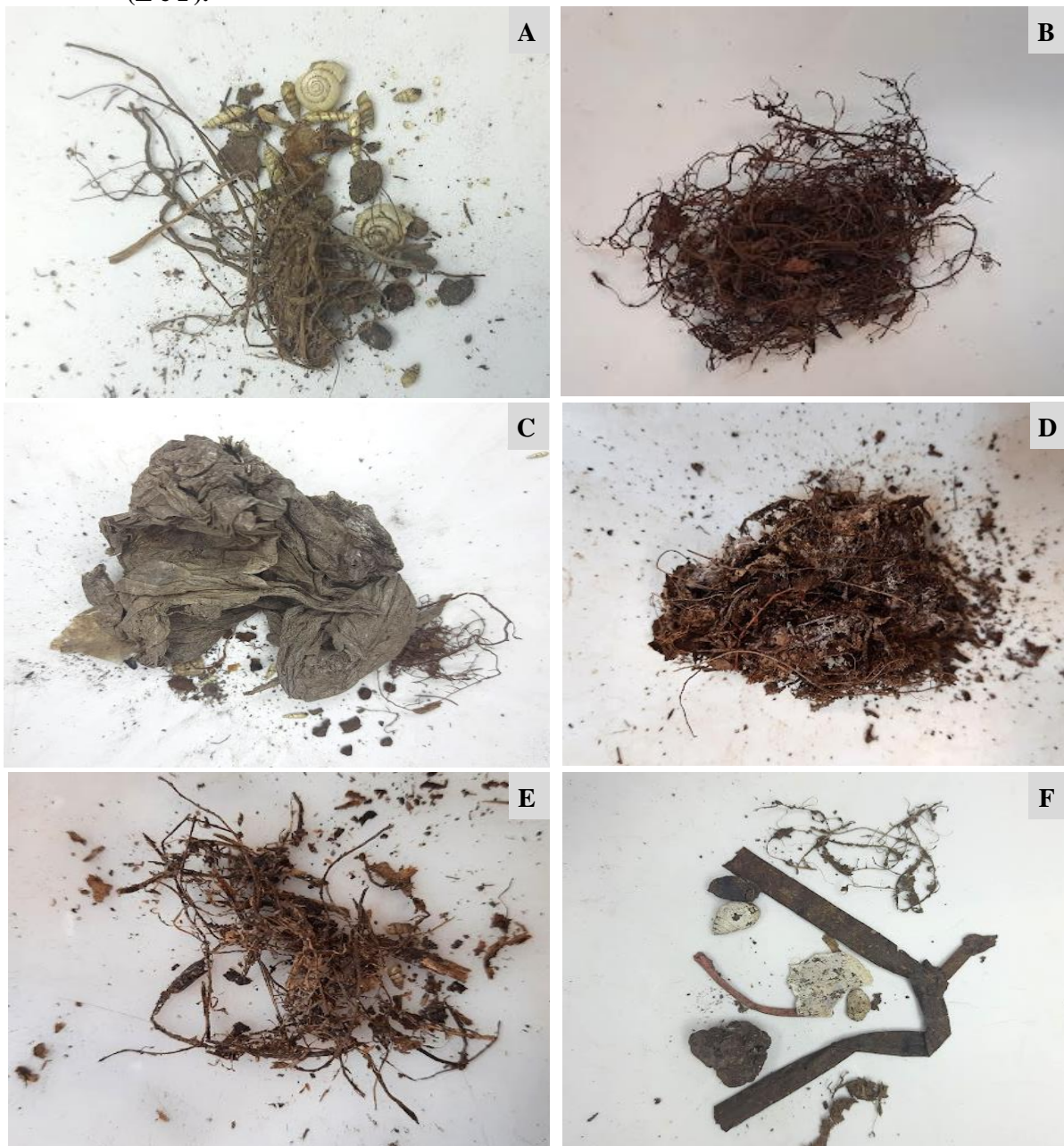
Figura 33 - Fração estrutura reprodutiva das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

A miscelânea foi a fração que menos contribuiu no acúmulo de serapilheira com 231,56 kg ha⁻¹, sendo 89,27 kg ha⁻¹ em Bambu, 87,33 kg ha⁻¹ na área de Mata Atlântica e 54,95 kg ha⁻¹ no ambiente de Eucalipto (Tabela 17 e Figuras 34A a 34F). Na literatura essa fração comumente corresponde a menor fração do acúmulo de serapilheira (Carvalho *et al.* 2019; Henriques *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2022), já que é composta por material não identificado, assim como material em decomposição, fezes e restos de animais, apresentando desta forma, grande variabilidade na sua composição e no seu padrão de deposição (Henriques *et al.*, 2016).

Figura 34 - Fração miscelânea das áreas de Mata Atlântica (A e B), Eucalipto (C e D) e Bambu (E e F).



Fotos: Renato Wilian Santos de Lima, nov., 2023.

Na quantificação da serapilheira acumulada um fator preponderante que deve ser avaliado é o teor de nutrientes que a constitui, já que a serapilheira é responsável pela retenção de grandes quantidades de nutrientes (Caldeira *et al.*, 2020).

Na tabela 18 estão apresentados os valores médios da composição química da serapilheira nas áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu.

Tabela 18 - Composição química da serapilheira

Áreas	N	P	K	C	C:N	LIG	CEL	HCEL
g kg ⁻¹%.....			
Mata Atlântica	9,60	0,30	1,00	246,90	25,72	46,32	29,16	7,23
Eucalipto	13,00	0,60	1,20	217,60	16,74	38,27	34,29	6,41
Bambu	16,50	0,90	1,60	206,80	12,53	23,70	40,33	14,56

Legenda: N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; C: Carbono; C:N: Relação Carbono/Nitrogênio; LIG: Lignina; CEL: Celulose; HCEL: Hemicelulose.

Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, jun., 2023.

Na Mata Atlântica foi verificado menores teores de N, P, K, alta relação C:N e maiores teores de lignina (Tabela 18), que dificultam a decomposição da liteira acumulada no solo e influencia na menor presença dos invertebrados (Alves, 2018; Oliveira *et al.*, 2020). Nas tabelas 16 e 17 é possível constatar tal padrão, onde o maior acúmulo da serapilheira foi na Mata Atlântica, assim como a menor abundância da macrofauna da serapilheira (Gráfico 11A).

Em estudo sob cinco diferentes coberturas vegetais (Mata em estágio avançado e inicial, Pinus, Eucalipto e Pasto) na região do Horto Florestal de Ibatiba, no Espírito Santo, Brumatti, Freitas e Oliveira (2023) verificaram maiores teores de N, P, K na Mata em ambos os estádios (avançado e inicial) quando comparados com a área de Mata de Atlântica do Parque do Horto de Maceió, sendo Mata em Estádio Avançado (N = 19,10 g kg⁻¹; P = 0,60 g kg⁻¹; K = 32,30 g kg⁻¹) e Mata em Estádio Inicial (N = 21,2 g kg⁻¹; P = 0,70 g kg⁻¹; K = 21,20 g kg⁻¹). Os autores mencionam que limiares em florestas tropicais brasileiras vão de 10,70 a 24,40 g kg⁻¹ para N e P, já para o K vão de 2,93 a 11,80 g kg⁻¹. Demonstrando que a serapilheira das áreas avaliadas do Parque do Horto de Maceió estão com teores abaixo do observado em florestas tropicais brasileiras (Tabela 18), especialmente o ambiente de Mata Atlântica.

Dentre os fatores que condicionam este resultado na área de Mata Atlântica, cabe destacar a composição química do solo, que seguiu o mesmo padrão (Bambu>Eucalipto>Mata Atlântica) com os teores mais reduzidos na área para o P (4,50 ± 3,56 mg dm⁻³) e K (18,70 ± 5,37 mg dm⁻³) (Tabela 31). Conforme Pinto *et al.* (2009) ecossistemas florestais apresentam

grande variação quanto aos teores de nutrientes, sendo essa variação dependente do grau de fertilidade do solo que sustenta sua fitofisionomia.

Já a composição química da serapilheira do Eucalipto o N, P, K e a celulose foram maiores quando comparado com a Mata Atlântica, o que favoreceu na menor quantidade de serapilheira acumulada no comparativo (Tabelas 16 e 17), assim como na segunda maior abundância dos invertebrados da serapilheira (Gráfico 11A). Na literatura é mencionado que o eucalipto possui folhas e galhos com grandes concentrações de lignina e celulose (Oliveira *et al.*, 2020; Sperandio *et al.*, 2012), como foi constatado na avaliação da composição química da serapilheira neste estudo (Tabela 18), o que torna a serapilheira desta área mais resistente aos agentes decompositores e permite maior acúmulo da liteira (Sperandio *et al.*, 2012), mesmo que inferior ao do ambiente de Mata Atlântica que possui vegetação heterogênea e mais diversificada.

O Bambu foi o que apresentou os maiores teores de N, P, K, e os menores teores de lignina, carbono e relação C:N, o que tornou a serapilheira do bambu mais vulnerável a decomposição, uma vez que segundo Oliveira *et al.* (2020) a combinação destes resultados conferem menor resistência e favorecem a atividade da comunidade decompositora. Como constatado no menor acumulado de serapilheira nesta área (Tabelas 16 e 17) e na maior abundância da macrofauna da serapilheira (Gráfico 11A).

4.3.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn do acúmulo de serapilheira e composição química da serapilheira

Após a realização dos testes estatísticos visando observar se houve diferença entre as três áreas (Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu) e entre os três meses (maio/2022, maio/2023 e out./2023) avaliados quanto o acúmulo de serapilheira e a composição química da serapilheira, obteve-se os seguintes resultados.

As frações folhas, galhos e estrutura reprodutiva, assim como a composição química da serapilheira apresentaram diferenças entre as áreas para o teste de Kruskal-Wallis para as frações FOL ($X^2_{(2)} = 18.629$; $p\text{-value} = 9.009 \times 10^{-5}$), GAL ($X^2_{(2)} = 32.56$; $p\text{-value} = 8.503 \times 10^{-8}$) e ER ($X^2_{(2)} = 12.871$; $p\text{-value} = 0.001604$), assim como para os teores da composição química como: N ($X^2_{(2)} = 63.072$; $p\text{-value} = 2.014 \times 10^{-14}$), P ($X^2_{(2)} = 78.575$; $p\text{-value} = 2.2 \times 10^{-16}$), K ($X^2_{(2)} = 65.823$; $p\text{-value} = 5.091 \times 10^{-15}$), C ($X^2_{(2)} = 33.655$; $p\text{-value} = 4.92 \times 10^{-8}$), C:N ($X^2_{(2)} = 51.756$; $p\text{-value} = 4.92 \times 10^{-8}$).

value = $5.771 e^{-12}$), LIG ($X^2_{(2)} = 79.946$; p -value = $< 2.2 e^{-16}$), CEL ($X^2_{(2)} = 79.946$; p -value = $2.2 e^{-16}$) e HCEL ($X^2_{(2)} = 60.39$; p -value = $7.7 e^{-14}$) (Tabela 19).

Para os meses foi verificado que somente FOL ($X^2_{(2)} = 8.4292$; p -value = 0.01478) e GAL ($X^2_{(2)} = 7.6167$; p -value = 0.02219) apresentaram diferenças. Já as variáveis da composição química da serapilheira não apresentaram diferenças significativas (Tabela 19).

Tabela 19 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as frações da serapilheira acumulada e composição química da serapilheira

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
FOL	18.629	8.4292	2	2	$9.009 e^{-05}$ *	0.01478 *
GAL	32.56	7.6167	2	2	$8.503 e^{-08}$ *	0.02219 *
ER	12.871	5.466	2	2	0.001604 *	0.06503 ns
MIS	5.0147	1.9413	2	2	0.08148 ns	0.3788 ns
N	63.072	0	2	2	$2.014 e^{-14}$ *	1 ns
P	78.575	0	2	2	$2.2 e^{-16}$ *	1 ns
K	65.823	0	2	2	$5.091 e^{-15}$ *	1 ns
C	33.655	0	2	2	$4.92 e^{-08}$ *	1 ns
C:N	51.756	0	2	2	$5.771 e^{-12}$ *	1 ns
LIG	79.946	0	2	2	$< 2.2 e^{-16}$ *	1 ns
CEL	79.946	0	2	2	$2.2 e^{-16}$ *	1 ns
HCEL	60.39	0	2	2	$7.7 e^{-14}$ *	1 ns

* $p < 0.05$; ns: não significativo. FOL: Folhas; GAL: Galhos; ER: Estrutura Reprodutiva; MIS: Miscelânea; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; C: Carbono; C:N: Relação Carbono/Nitrogênio; LIG: Lignina; CEL: Celulose; HCEL: Hemicelulose.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Pelo teste Post-hoc de Dunn para as áreas foi verificado que as frações da serapilheira acumulada apresentaram diferença significativa entre Bambu e Mata Atlântica para as frações FOL (p -value = 0.000707 ***) e GAL (p -value = $4.42 e^{-7}$ ****), e entre Bambu e Eucalipto nas frações FOL (p -value = 0.000441 ***), GAL (p -value = $1.60 e^{-5}$ ****) e ER (p -value = 0.00122 **) (Tabela 20). Não foi verificada diferenças significativas entre as frações da Mata Atlântica e Eucalipto.

Para os meses foi somente constatada diferenças significativas entre os meses de maio/2022 e maio/2023 para frações FOL (p -value = 0.0123 *) e GAL (p -value = 0.0176 *) entre as áreas de Mata Atlântica e Eucalipto (Tabela 20).

Tabela 20 - Post-hoc de Dunn para as frações da serapilheira acumulada, em relação as áreas e aos meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p ajustado e com significância			
Áreas		FOL	GAL	ER	MIS
Mata Atlântica	Eucalipto	1 ns	1 e ⁺⁰ ns	0.644 ns	1 ns
Mata Atlântica	Bambu	0.000707 ***	4.42 e ⁻⁷ ****	0.0652 ns	0.0853 ns
Eucalipto	Bambu	0.000441 ***	1.60 e ⁻⁵ ****	0.00122 **	0.404 ns
Meses					
maio/2022	maio/2023	0.0123 *	0.0176 *	0.0843 ns	0.491 ns
maio/2022	out./2023	0.860 ns	0.389 ns	1 ns	1 ns
maio/2023	out./2023	0.213 ns	0.644 ns	0.219 ns	1 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de p ajustado pelo método de Bonferroni.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Para a composição química da serapilheira, o teste Post-hoc de Dunn apontou diferença entre as áreas de Mata Atlântica e Eucalipto para as variáveis P (p -value = $6.59 e^{-6}$ ****), C (p -value = $7.32 e^{-4}$ ***), C:N (p -value = $2.06 e^{-3}$ **), LIG (p -value = $2.34 e^{-5}$ ****) e CEL (p -value = $2.34 e^{-5}$ ****). Enquanto entre Mata Atlântica e Bambu foram verificadas diferenças significativas entre todas as variáveis da composição química da serapilheira. Igualmente entre Bambu e Eucalipto apresentou diferenças significativas dos teores dos nutrientes da serapilheira, excetuando o C (Tabela 21). Já durante os meses não se observou diferenças significativas (Tabela 21).

Tabela 21 - Post-hoc de Dunn para composição química da serapilheira, em relação as áreas e aos meses

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p ajustado e com significância							
Áreas		N	P	K	C	C:N	LIG	CEL	HCEL
MA	E	2.22 e ⁻¹ ns	6.59 e ⁻⁶ ****	8.16 e ⁻² ns	7.32 e ⁻⁴ ***	2.06 e ⁻³ **	2.34 e ⁻⁵ ****	2.34 e ⁻⁵ ****	1 e ⁺⁰ ns
MA	B	9.24 e ⁻¹⁴ ****	2.46 e ⁻¹⁸ ****	1.11 e ⁻¹⁴ ****	3.08 e ⁻⁸ ****	1.94 e ⁻¹² ****	1.15 e ⁻¹⁸ ****	1.15 e ⁻¹⁸ ****	6.72 e ⁻¹⁰ ****
E	B	1.90 e ⁻⁸ ****	1.12 e ⁻⁴ ***	4.63 e ⁻⁸ ****	1.19 e ⁻¹ ns	4.41 e ⁻⁴ ***	2.34 e ⁻⁵ ****	2.34 e ⁻⁵ ****	5.04 e ⁻¹² ****
Meses									
maio/22	maio/23	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns
maio/22	out./23	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns
maio/23	out./23	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns	1 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de p ajustado pelo método de Bonferroni; Legenda: MA = Mata Atlântica; E = Eucalipto; B = Bambu; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; C: Carbono; C:N: Relação Carbono/Nitrogênio; LIG: Lignina; CEL: Celulose; HCEL: Hemicelulose.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.4 Composição física e química do solo

4.4.1 Análise Sedimentológica

4.4.1.1 Análise Granulométrica

A análise granulométrica das trinta amostras coletadas nas áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu resultou padrão das frações (Tabela 22).

Tabela 22 - Classificação das Classes Texturais dos pontos analisados, proposta por Shepard (1954)

Áreas	Frações			Classificação
	Cascalho (%)	Areia (%)	Finos (%)	
Mata Atlântica	15,36	83,17	1,46	Areia média
Eucalipto	12,42	83,28	4,29	Areia média
Bambu	22,19	73,93	3,86	Areia média

Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, nov., 2023.

As três áreas apresentaram mais de 73% de seu material depositado na forma de areia (Tabela 22) que se refere aos sedimentos que ficaram retidos na peneira de 0,063 mm durante o peneiramento úmido. Conforme Favaretto, Cogo e Bertol (2006), áreas com solos arenosos oferecem menor resistência a degradação no comparativo com áreas de solos argilosos.

Desse modo, observou-se que as amostras de sedimentos das três áreas representaram uma proporção abaixo de 5% para a fração correspondente a silte+argila (finos), com tamanho inferior a 0,063 mm (Tabela 22), confirmando que as áreas estudadas são suscetíveis a erosão.

Já a fração cascalho, que se refere ao conjunto de partículas com dimensões superiores a 2 mm, a área de Bambu apresentou os maiores percentuais com 22,19%, seguida pela Mata Atlântica com 15,36% e o Eucalipto com 12,42% (Tabela 22). Na amostra da Mata Atlântica, é possível visualizar a presença de uma quantidade maior de grãos de quartzos decompostos da Formação Barreiras, que segundo Dantas *et al.* (2014), são mais resistentes a intemperização e a erosão e são oriundos da fração grosseira cascalho, justificando a permanência deste mineral nos locais com vegetação densa, como no ambiente de Mata Atlântica.

Já nas amostras das áreas de Bambu e Eucalipto, nota-se a presença de material orgânico, principalmente restos de raízes e folhas. Com elevada concentração de matéria orgânica total (MOT) como também observado na Mata Atlântica (Tabela 31). A presença de galhos de árvores na fração de cascalho indica que há uma contribuição de material orgânico na amostra, devido a vegetação e a ação da água que transporta material de áreas adjacentes. Boulhosa, Bragança e Espinoza (2017) explicam que a elevada concentração de material

orgânico pode indicar acentuado grau de degradação na área, como o desmatamento. Notadamente na área com a presença de Bambu foi observada a maior concentração de MOT no solo (Tabela 31), uma vez que outrora esta área era ocupada por espécies nativas da Mata Atlântica e posteriormente foi substituída por esta espécie exótica.

4.4.1.2 Diâmetro médio

Em decorrência da proximidade entre as áreas avaliadas, a distribuição do diâmetro médio dos sedimentos apresentaram valores aproximados, resultando na mesma classificação: areia média (Tabela 23). Que caracterizam esses solos como vulneráveis a erosão, por apresentarem textura arenosa, que não oferece uma boa estabilidade (Santos, 2017).

Tabela 23 - Classificação amostral das três áreas quanto ao diâmetro médio

Áreas	Diâmetro médio (%)	Classificação
Mata Atlântica	1,11	Areia média
Eucalipto	1,31	Areia média
Bambu	1,09	Areia média

Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, nov., 2023.

A predominância de areia média nos sedimentos dos três ambientes avaliados, é um indicativo de áreas propensas a erosão ativa nas proximidades. Essa areia média sugere que o sedimento foi transportado por fluxos de água rápidos ou eventos de escoamento intenso. Em áreas urbanas, a presença desse tipo de sedimento decorre de atividades humanas, como construção ou pavimentação inadequada, que aumentam a erosão, e no caso da área de estudo, por aterros após a retirada da cobertura original, notadamente em Bambu, onde é possível verificar intensa intervenção antrópica por meio do descarte irregular de lixo e entulho (Figura 27A a 27D).

Durante o período chuvoso, a precipitação transporta os sedimentos finos e médios para as áreas, deixando apenas uma quantidade menor de sedimentos grossos próximos a fonte.

4.4.1.3 Grau de seleção

As escalas qualitativas para descrever o grau de seleção se baseia no método de Folk e Ward (1957) (Quadro 1). A classificação varia de “pobrememente selecionado” a “muito bem selecionado”. O sedimento classificado como “bem selecionado” apresenta uma pequena dispersão dos seus valores granulométricos, enquanto os sedimentos “pobrememente selecionados” têm uma grande variedade no tamanho dos grãos (Suguio, 1973).

Quadro 1 - Classificação do grau de seleção

Desvio Padrão (Σ)	Grau de Seleção
$\Sigma < 0,35$	Muito bem selecionado
0,35 a 0,50	Bem selecionado
0,50 a 1,00	Moderadamente selecionado
1,00 a 2,00	Pobrememente selecionado
2,00 a 4,00	Muito pobrememente selecionado
$\Sigma > 4,00$	Extremamente mal selecionado

Fonte: Folk e Ward (1957).

Adaptação: Ana Paula Lopes da Silva, nov. 2023.

As três áreas foram classificadas como “pobrememente selecionadas” (Tabela 24). Essas características indicam que as três áreas analisadas, tiveram sua seleção durante o transporte dos sedimentos, tanto pela chuva ou pela atividade humana (Bezerra, 2022). Ainda segundo o autor, esse grau de seleção sedimentar demonstra que nas áreas não têm correntes de energia contínua, resultando em uma maior variação na medida do grão.

Tabela 24 - Classificação do grau de seleção nas áreas estudadas

Áreas	Desvio Padrão (Σ)	Grau de Seleção
Mata Atlântica	1,61	Pobrememente selecionado
Eucalipto	1,71	Pobrememente selecionado
Bambu	1,68	Pobrememente selecionado

Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, nov., 2023.

4.4.1.4 Assimetria

As escalas qualitativas para descrever a assimetria se baseia no método de Folk e Ward (1957) (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação de assimetria

Assimetria	Grau de Tendência Assimétrica
-1,00 a -0,30	Assimetria muito negativa
-0,30 a -0,10	Assimetria negativa
-0,10 a +0,30	Aproximadamente simétrica
+0,10 a +0,30	Assimetria positiva
+0,30 a +1,00	Assimetria muito positiva

Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, nov., 2023.

Pela distribuição assimétrica observou-se valores distintos nas três áreas (Tabela 25). A Mata Atlântica com “assimetria positiva” (0,17), o Bambu com assimetria “muito positiva”

(0,38) e o Eucalipto “aproximadamente simétrico” (0,16), caracterizando estes ambientes como de baixa energia hidrodinâmica (Silva, 2001).

Tabela 25 - Classificação de assimetria nas áreas estudadas

Amostras	Assimetria	Classificação
Mata Atlântica	0,17	Positiva
Eucalipto	0,16	Aproximadamente simétrica
Bambu	0,38	Muito positiva

Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, nov., 2023.

4.4.1.5 Curtose

As classificações dos valores da curtose, seguiu de acordo com Folk e Ward (1957) (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação da curtose

Curtose (K)	Grau de Tendência Assimétrica
$K < 0,67$	Muito platicúrtica
0,67 a 0,90	Platicúrtica
0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,11 a 1,50	Leptocúrtica
1,50 a 3,00	Muito leptocúrtica
$K > 3,00$	Extremamente leptocúrtica

Fonte: Folk e Ward (1957).

Adaptação: Ana Paula Lopes da Silva (2023).

Todas as áreas apresentaram a classificação da curtose como “Muito Platicúrtica” (Tabela 26), indicando movimentação reduzida da deposição sedimentar, ou seja, baixa dinâmica do ambiente (Santos, 1998).

Tabela 26 - Classificação média da curtose nas áreas avaliadas

Áreas	Grau de Tendência Assimétrica	Classificação
Mata Atlântica	0,56	Muito platicúrtica
Eucalipto	0,68	Muito platicúrtica
Bambu	0,61	Muito platicúrtica

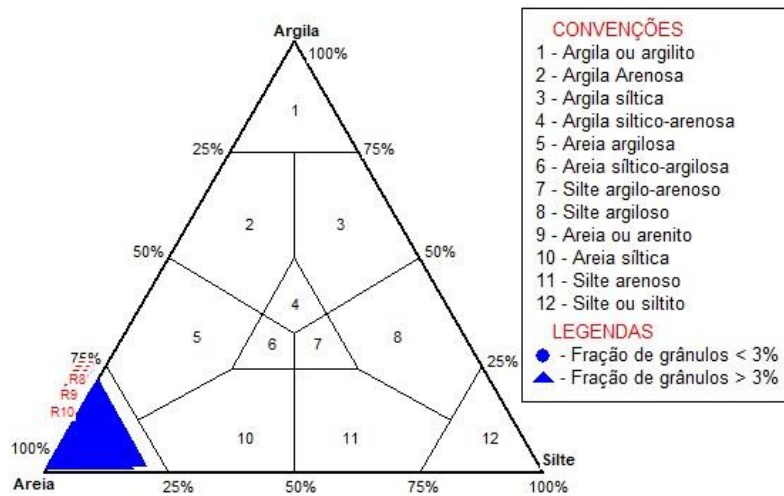
Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, nov., 2023.

4.4.1.6 Distribuição Faciológica

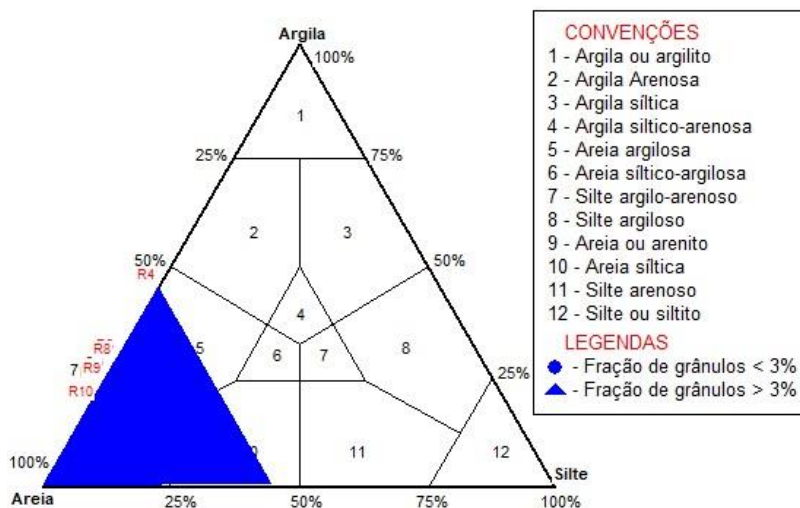
Os diagramas triangulares são importantes na sedimentologia, pois, representam atributos granulométricos e características mineralógicas. O uso de gráfico triangular fornece as contribuições relativas de cada uma das rochas matrizes dos sedimentos (Bezerra, 2022).

Com base nos determinantes texturais (cascalho, areia e silte+argila), as análises granulométricas revelaram uma formação singular de classes faciológicas. Conforme ilustrado nas Figuras 35A a 35C, observa-se uma predominância da classe areia com intercalações de argila e silte nas três áreas, refletindo a natureza sedimentar das áreas em foco, sua composição é de material arenoso e matéria orgânica.

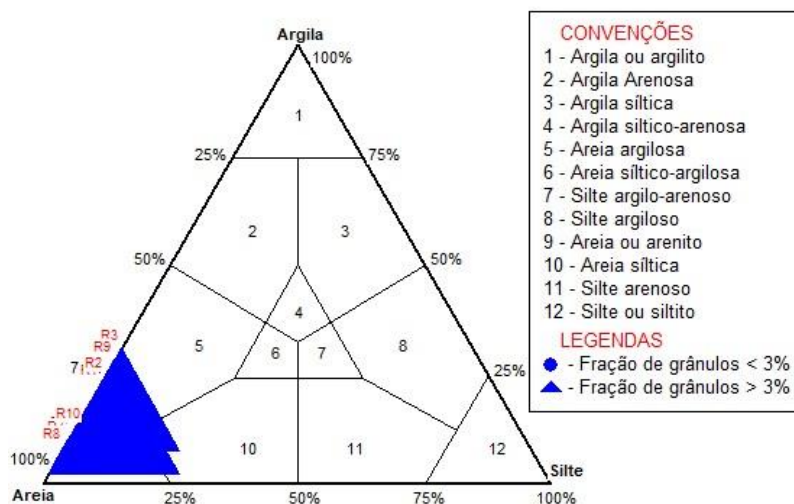
Figura 35 - Distribuição Faciológica segundo o diagrama de Shepard (1954) das áreas de Mata Atlântica (A), Eucalipto (B) e Bambu (C).



A



B



C

4.4.1.7 Análise Morfoscópica das áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu

Na análise morfoscópica das três áreas, os grãos analisados apresentaram predominância angulosa, com baixa e média esfericidade e maior aparência fosca (Tabela 27 e Gráficos 18A a C).

Tabela 27 - Classificação do grau de arredondamento, esfericidade e textura superficial dos grãos.

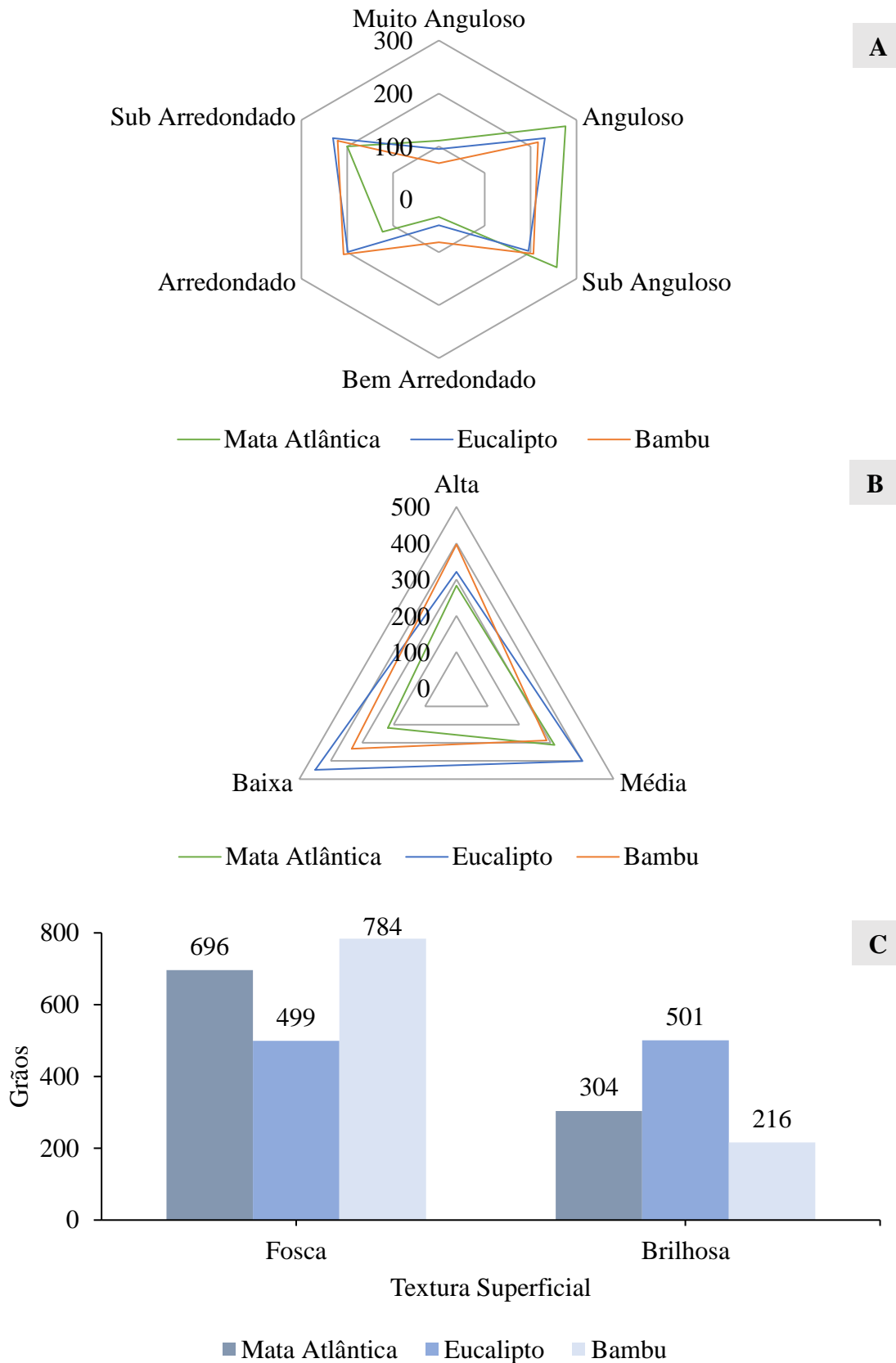
Áreas	Arredondamento					Esfericidade			Textura Superficial		
	MA	An	SA	SAr	Ar	BA	A	M	B	Fosca	Brilhosa
Mata Atlântica	111	276	257	200	123	33	283	321	396	696	304
Eucalipto	95	231	195	231	199	49	312	401	287	499	501
Bambu	68	216	206	221	208	81	218	449	333	784	216

Legenda: MA: Muito Anguloso; An: Anguloso; SA: Sub Anguloso; BA: Bem Arredondado; Ar: Arredondado; SAr: Sub Arredondado; A: Alta; M: Média; B: Baixa.

Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, jan., 2024.

A distribuição dos grãos nas áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu indicam que existe predominância de grãos angulosos, demonstrando que o material não teve tempo de ser modificado no transporte pela água até o seu local de deposição, que pode ter ocorrido na área que teve processo de aterro (Bambu e Eucalipto). A esfericidade é de média a baixa maturidade e está associada à textura superficial dos grãos que apresenta em sua maioria fosca, resultado do transporte realizado pelo vento. Esse fato corrobora com a ideia de que foram introduzidos recentemente no ciclo sedimentar, em que o transporte e consequentes colisões com outras partículas não proporcionaram ainda tempo para arredondá-los totalmente e marcar as suas superfícies (Tabela 27 e Gráficos 18A a C) (Dias, 2004), o que demonstra que a sedimentação dessas três áreas ainda estão no processo de dinâmica pluvial e eólica.

Gráfico 18 - Distribuição do grau de arredondamento (A), esfericidade (B) e textura superficial (C).



Elaboração: Ana Paula Lopes da Silva, jan., 2024.

4.4.1.7.1 Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna

Os resultados das estimativas de correlação de Spearman para as áreas de Mata Atlântica, Eucalipto e Bambu constam nas figuras 36 a 38, respectivamente.

Na área de Mata Atlântica foi verificado que a riqueza da macrofauna edáfica apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com a fração finos (silte+argila) e areia. Para a fração finos, o resultado da correlação foi negativo, apresentando-se de forma moderada (-0.420), segundo a classificação de Dancey e Reidy (2006), para fração areia a correlação foi fraca, no entanto com o valor positivo (0.323) (Figura 36). Desse modo, como a correlação entre a riqueza e a fração areia foi positiva, as duas variáveis se elevaram proporcionalmente, ou seja, quando houve maior presença da fração areia, maior foi a riqueza da macrofauna edáfica. Em contrapartida, quando a correlação foi negativa, as variáveis se apresentaram inversamente proporcionais, ou seja, a riqueza da macrofauna edáfica foi mais elevada quando a fração finos (silte+argila) foi menor (Figura 36).

Também se observou na Mata Atlântica correlação significativa fraca e com valor negativo entre a diversidade (-0.300) e uniformidade (-0.314) da macrofauna da serapilheira com o grau de seleção, que diz respeito a uniformidade da distribuição dos tamanhos dos grãos na amostra. Desse modo, à medida que os grãos dos sedimentos foram menos homogêneos quanto a sua dispersão, maiores foram os valores dos índices ecológicos de diversidade e uniformidade (Figura 36).

No Eucalipto não foram verificadas correlações significativas entre as variáveis dependentes (abundância, riqueza, diversidade e uniformidade da macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna) com as independentes (areia, assimetria, cascalho, curtose, diâmetro médio, finos e grau de seleção) (Figura 37).

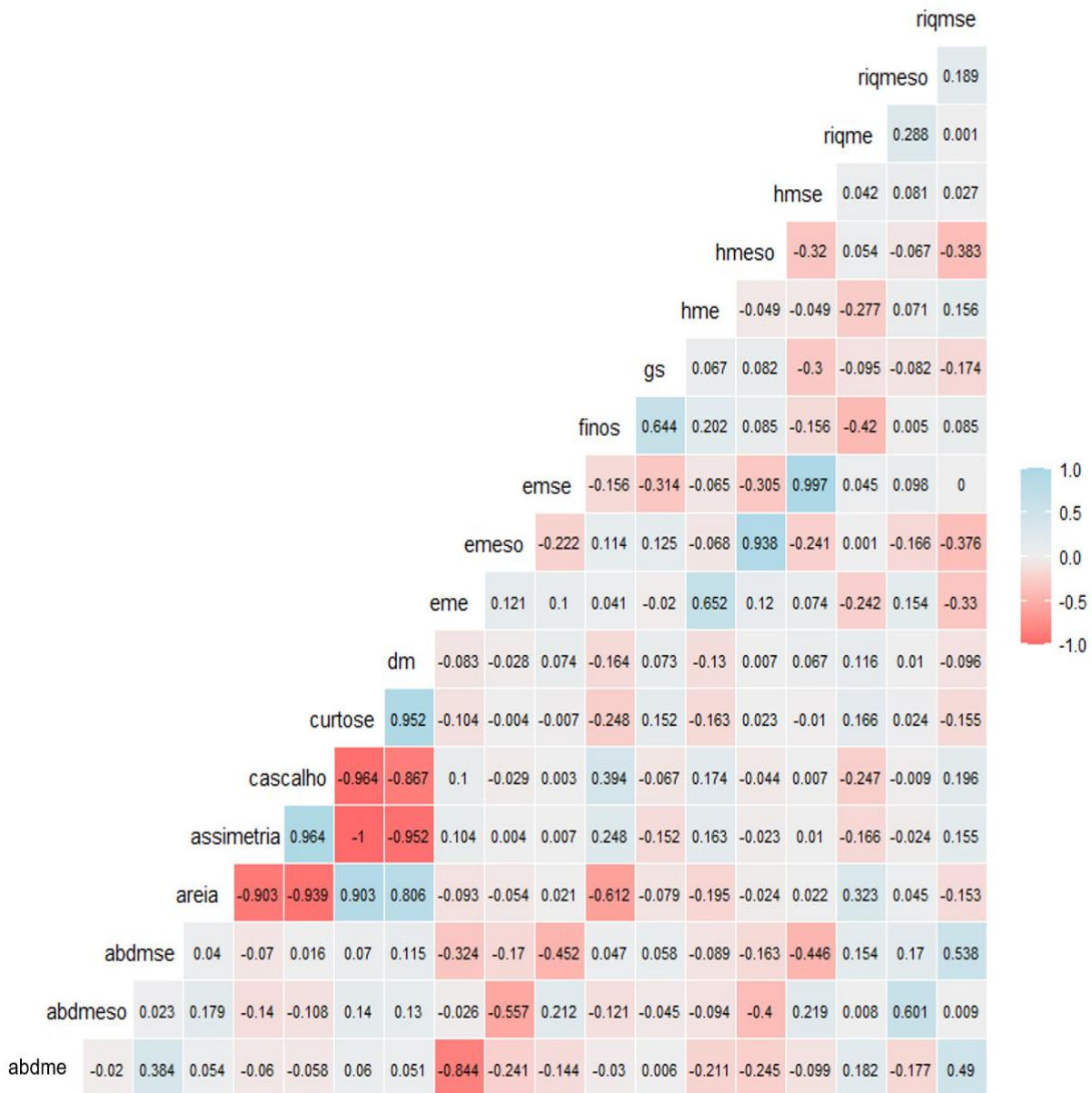
Na área de Bambu, com exceção da assimetria, que se refere a distribuição dos dados em torno da média, todas as demais variáveis independentes apresentaram correlação significativa com a abundância da macrofauna da serapilheira. Tendo sido constatada correlação fraca e com valores positivos para a curtose (0.397) e para as frações areia (0.396) e finos (0.369); correlação moderada e com valores positivos para as variáveis diâmetro médio (0.446) e grau de seleção (0.446). E somente cascalho, apresentou correlação fraca e com valores negativos (-0.370). Ou seja, a abundância da macrofauna da serapilheira se sobressaiu quando houveram

concentrações mais elevadas de areia e finos (silte+argila), maior diâmetro médio do grão, maiores valores de dispersão dos grãos (grau de seleção), alta dinâmica sedimentar (curtose) e menor presença da fração cascalho (Figura 38).

Para macrofauna do solo o resultado da análise indicou correlação significativa e moderada entre a diversidade e as variáveis independentes (assimetria, cascalho e areia), com valores positivos para assimetria (0.447) e cascalho (0.425) e, negativo para areia (-0.403). O que implica dizer que a maior presença de cascalho, o alto grau de assimetria e a menor concentração da fração areia, favoreceram o aumento da diversidade da macrofauna edáfica (Figura 38).

Foi também verificada correlação significativa moderada entre a riqueza da macrofauna edáfica e o grau de assimetria, com valores negativos (-0.413). Desse modo, conforme o menor grau de assimetria dos grãos, maior foi a riqueza dos macroinvertebrados do solo (Figura 38).

Figura 36 - Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna na Mata Atlântica.

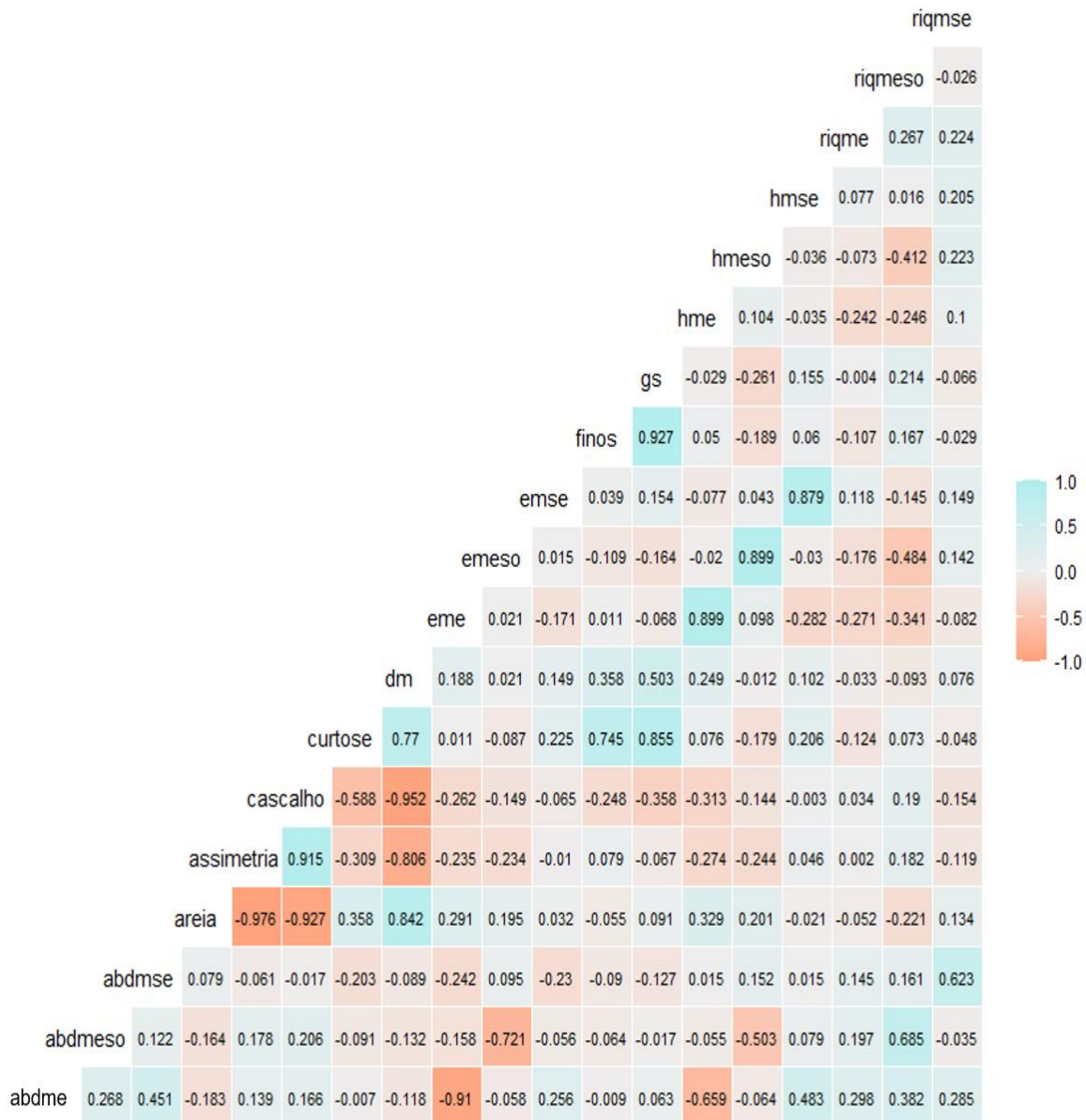


Correlação: Fraca = $r \leq 0,399$; moderada = $r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte = $r \geq 0,701$ (Dancey; Reidy, 2006).

Legenda: abdme: abundância da macrofauna edáfica; abdmese: abundância da mesofauna; abdmse: abundância da macrofauna da serapilheira; dm: diâmetro médio; eme: Pielou da macrofauna edáfica; emeso: Pielou da mesofauna; emse: Pielou da macrofauna da serapilheira; gs: grau de seleção; hme: Shannon da macrofauna edáfica; hmeso: Shannon da mesofauna; hmse: Shannon da macrofauna da serapilheira; rique: riqueza da macrofauna edáfica; riqueso: riqueza da mesofauna; riqmse: riqueza da macrofauna da serapilheira.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, mar., 2024.

Figura 37 - Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e a mesofauna no Eucalipto.

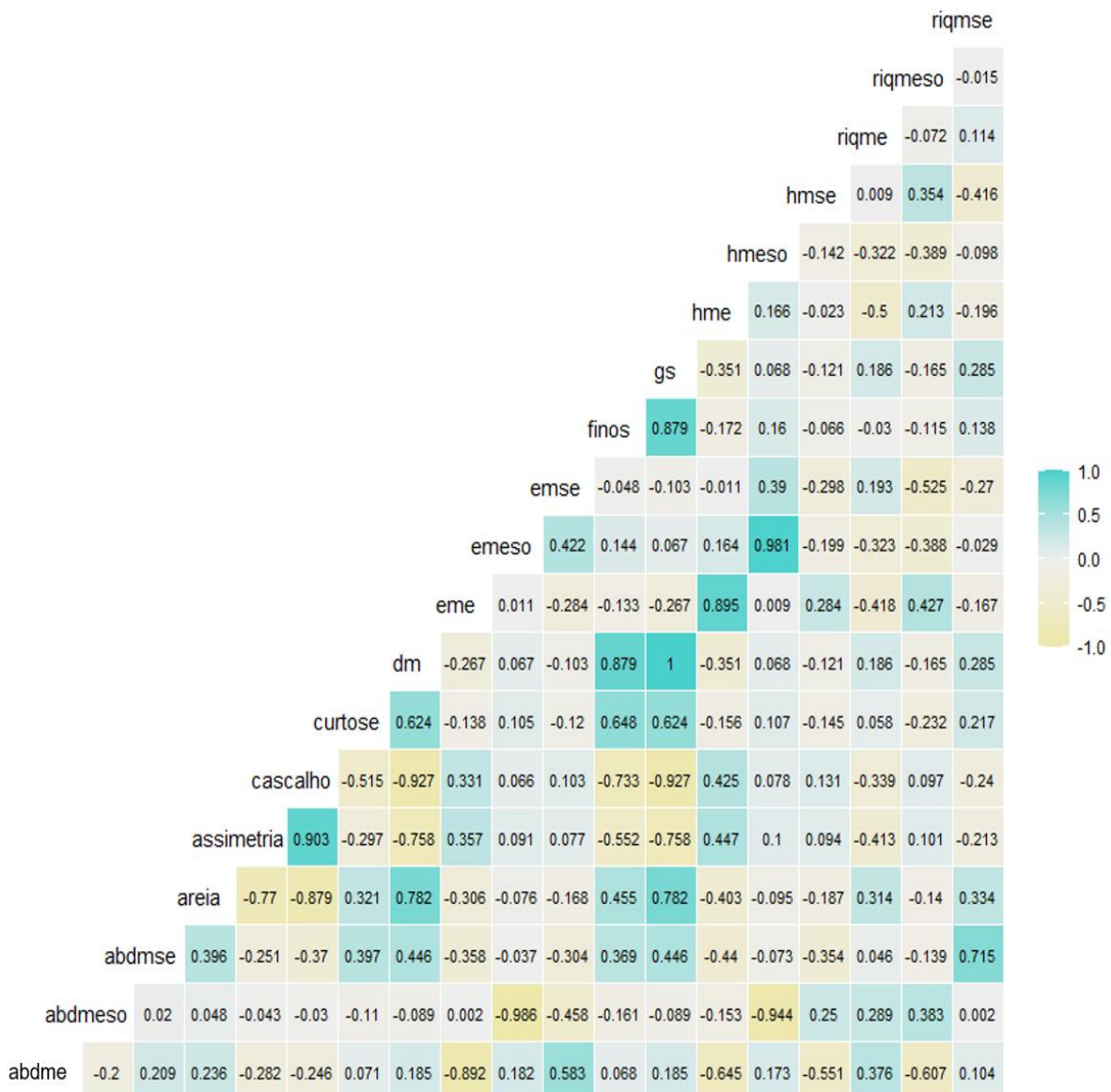


Correlação: Fraca = $r \leq 0,399$; moderada = $r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte = $r \geq 0,701$ (Dancey; Reidy, 2006).

Legenda: abdme: abundância da macrofauna edáfica; abdmeso: abundância da mesofauna; abdmse: abundância da macrofauna da serapilheira; dm: diâmetro médio; eme: Pielou da macrofauna edáfica; emeso: Pielou da mesofauna; emse: Pielou da macrofauna da serapilheira; gs: grau de seleção; hme: Shannon da macrofauna edáfica; hmeso: Shannon da mesofauna; hmse: Shannon da macrofauna da serapilheira; rique: riqueza da macrofauna edáfica; riqueso: riqueza da mesofauna; riqmse: riqueza da macrofauna da serapilheira.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, mar., 2024.

Figura 38 - Estimativas de correlação de Spearman com relação a sedimentologia com a macrofauna edáfica, macrofauna da serapilheira e mesofauna no Bambu.



Correlação: Fraca = $r \leq 0,399$; moderada = $r \geq 0,400 \leq 0,700$ e forte = $r \geq 0,701$ (Dancey; Reidy, 2006).

Legenda: abdme: abundância da macrofauna edáfica; abdmeso: abundância da mesofauna; abdmse: abundância da macrofauna da serapilheira; dm: diâmetro médio; eme: Pielou da macrofauna edáfica; emeso: Pielou da mesofauna; emse: Pielou da macrofauna da serapilheira; gs: grau de seleção; hme: Shannon da macrofauna edáfica; hmeso: Shannon da mesofauna; hmse: Shannon da macrofauna da serapilheira; riqme: riqueza da macrofauna edáfica; riqmeso: riqueza da mesofauna; riqmse: riqueza da macrofauna da serapilheira.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, mar., 2024.

4.4.2 Física do solo

Foi observado nas três áreas a mesma classe textural, uma vez que as frações granulométricas (areia, silte e argila) apresentaram distribuição dentro dos limites da classe franco argilo arenoso, entre 20 a 35% de argila, menos de 28% de silte e 45% ou mais de areia (Machado; Favaretto, 2006) (Tabela 28).

As três áreas apresentaram resultados muito próximos quanto a densidade do solo, sendo Mata Atlântica ($1,07 \pm 0,01 \text{ g cm}^{-3}$), Bambu ($1,15 \pm 0,03 \text{ g cm}^{-3}$) e Eucalipto ($1,16 \pm 0,01 \text{ g cm}^{-3}$) (Tabela 28). Machado e Favaretto (2006) afirmam que menores valores da densidade do solo indicam que o ambiente possui a maior capacidade de armazenamento e disponibilidade de água, assim como de maior retenção de nutrientes no solo e penetração radicular. Cabe destacar, que em solos arenosos os valores normais encontrados são entre $1,2-1,9 \text{ g cm}^{-3}$, enquanto em solos argilosos entre $0,9-1,7 \text{ g cm}^{-3}$ (Reinert; Reichert, 2006). Por meio deste indicador é possível avaliar o nível de adensamento ou a compactação, além de possibilitar inferência sobre as chances de crescimento radicular (Souza, L. *et al.*, 2019). Assim, o ambiente de Mata Atlântica apresentou uma melhor qualidade para esta variável.

A densidade de partículas nos ambientes estudados também foi próxima com Eucalipto ($2,48 \pm 0,06 \text{ g cm}^{-3}$), Mata Atlântica ($2,43 \pm 0,06 \text{ g cm}^{-3}$) e Bambu ($2,32 \pm 0,04 \text{ g cm}^{-3}$) (Tabela 28), com resultados abaixo do limiar geralmente verificado ($2,60$ a $2,75 \text{ g/cm}^3$), Machado e Favaretto (2006) explicam que solos com maior proporção de material orgânico, como os verificados nas três áreas avaliadas (Tabela 28), apresentam uma densidade de partícula menor. Quanto a proximidade dos valores verificados na avaliação, está atrelada a pouca variação deste indicador, já que é dependente de minerais primários da formação dos solos, que não variam muito entre Argissolos e Latossolos (Lima *et al.*, 2018). E estes tipos de solos são comumente encontrados em Maceió, perfazendo 74,8% da área total do município (Parahyba *et al.*, 2008).

A porosidade total foi maior no ambiente de Mata Atlântica ($0,56 \pm 0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), seguido por Eucalipto ($0,53 \pm 0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e Bambu ($0,51 \pm 0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Tabela 28). Estes resultados vão de encontro com o limiar de 40 a 60% encontrados em solos argilosos e 35 a 50% em solos arenosos, reflexo do elevado teor de matéria orgânica encontrado nos ambientes que são responsáveis pela agregação dos poros (Machado; Favaretto, 2006).

Tabela 28 - Valores médios da composição física do solo (0-10 cm) nas áreas estudo

Indicadores/Áreas	Mata Atlântica	Eucalipto	Bambu
DS (g cm ⁻³)	1,07 ± 0,01	1,16 ± 0,01	1,15 ± 0,03
DP (g cm ⁻³)	2,43 ± 0,06	2,48 ± 0,06	2,32 ± 0,04
PT (m ³ m ⁻³)	0,56 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,51 ± 0,01
CC (%)	13,78 ± 0,36	13,41 ± 0,48	20,12 ± 0,38
PMP (%)	10,72 ± 0,68	10,50 ± 0,25	14,44 ± 0,21
AD (%)	3,05 ± 0,72	2,90 ± 0,25	5,68 ± 0,37
Areia (g kg ⁻¹)	572,70 ± 53,18 (57,26%)	642 ± 65,19 (64,21%)	550,40 ± 60,26 (55,61%)
Silte (g kg ⁻¹)	181,30 ± 27,24 (18,13%)	103,60 ± 47,36 (10,36%)	215,90 ± 77,27 (21,81%)
Argila (g kg ⁻¹)	246,10 ± 46,88 (24,61%)	254,20 ± 50,97 (25,43%)	223,50 ± 65,70 (22,58%)
Classe Textural	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso

Legenda: DS: Densidade do Solo; DP: Densidade de Partículas; PT: Porosidade Total; CC: Capacidade de Campo; PMP: Ponto de Murcha Permanente; AD: Água Disponível.

Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, out., 2023.

Com relação as características de disponibilidade de água do solo para as plantas das áreas avaliadas, foi verificada maior capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível na área de Bambu, seguida pelos ambientes de Mata Atlântica e Eucalipto (Tabela 28). Dentre os fatores determinantes para maior disponibilidade de água no solo, destaque para a textura, estrutura e teor de matéria orgânica, conforme apontam Machado e Favaretto (2006).

Nas áreas estudadas foi verificado que o Bambu apresentou maior percentual das frações argila+silte, que quando somadas corresponderam a 44,39% (Tabela 28), o que favoreceu o maior percentual das variáveis CC, PMP e AD (Tabela 28), uma vez que essas frações sobretudo a argila possui maior capacidade de retenção da água quando comparada com frações mais grosseiras como a areia (Machado; Favaretto, 2006). A textura é a propriedade que tem maior influência na retenção de água (Klein; Klein, 2015).

Além disso, o maior teor de matéria orgânica, como pode ser observado na análise química do solo (Tabela 31), é um fator determinante para a maior CC, PMP e AD, pois influencia a quantidade de água disponível para as plantas, ajuda a estabilizar a estrutura do solo e a aumentar o seu volume total, e o tamanho dos poros, resultando no aumento da infiltração e da capacidade de retenção de água (Brady; Weil, 2013).

A tendência Bambu>Mata Atlântica>Eucalipto também foi verificada na variável Conteúdo de Água do Solo (Gráfico 12), reforçando que está área é a que melhor retem água.

4.4.2.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da composição física do solo

Após os testes estatísticos das variáveis físicas do solo, visando observar se houve diferença entre as três áreas e entre os três meses avaliados, observou-se que houve diferenças significativas entre as áreas para o teste de Kruskal-Wallis, exceto para variável Argila. Já durante os meses não foram verificadas diferenças estatísticas (Tabela 29).

Tabela 29 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis físicas do solo

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
DS	62.74	0	2	2	2.378 e ⁻¹⁴ *	1 ns
DP	55.926	0	2	2	7.176 e ⁻¹³ *	1 ns
PT	79.892	0	2	2	2.2 e ⁻¹⁶ *	1 ns
CC	13.676	0	2	2	0.001072 *	1 ns
PMP	12.8	0	2	2	0.001662 *	1 ns
AD	60.419	0	2	2	7.588 e ⁻¹⁴ *	1 ns
Areia	23.558	0	2	2	7.662 e ⁻⁰⁶ *	1 ns
Silte	40.139	0	2	2	1.923 e ⁻⁰⁹ *	1 ns
Argila	5.6392	0	2	2	0.05963 ns	1 ns

* p<0.05; ns: não significativo. Legenda: DS: Densidade do Solo; DP: Densidade de Partículas; PT: Porosidade Total; CC: Capacidade de Campo; PMP: Ponto de Murcha Permanente; AD: Água Disponível.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

O teste post-hoc de Dunn apontou que a Mata Atlântica é diferente da área de Bambu quanto as variáveis DS, DP, PT e AD. Já a Mata Atlântica comparada com a área de Eucalipto foi verificada diferenças para as variáveis DS, PT, CC, Areia e Silte. Enquanto as espécies exóticas (Bambu e Eucalipto) diferiram quanto a DP, PT, CC, PMP, AD, Areia e Silte (Tabela 30). Na avaliação considerando os meses, não houve diferença significativa entre nenhum dos meses.

Tabela 30 - Post-hoc de Dunn para os parâmetros físicos do solo em relação as áreas

Variável	Grupo 1	Grupo 2	n1	n2	Estatística	<i>p</i>	<i>p</i> ajustado
DS	MA	E	30	30	7.45	9.33 e ⁻¹⁴	2.80 e ⁻¹³ ****
	MA	B	30	30	6.05	1.41 e ⁻⁹	4.22 e ⁻⁹ ****
	E	B	30	30	-1.40	1.63 e ⁻¹	4.89 e ⁻¹ ns
DP	MA	E	30	30	1.88	6.08 e-2	1.82 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	-5.33	9.72 e- 8	2.92 e ⁻⁷ ****
	E	B	30	30	-7.21	5.71 e-13	1.71 e ⁻¹² ****
PT	MA	E	30	30	-4.47	7.85 e ⁻⁶	2.36 e ⁻⁵ ****
	MA	B	30	30	-8.94	3.95 e ⁻¹⁹	1.19 e ⁻¹⁸ ****
	E	B	30	30	-4.47	7.85 e ⁻⁶	2.36 e ⁻⁵ ****
CC	MA	E	30	30	-2.60	0.00946	0.0284 *
	MA	B	30	30	0.984	0.325	0.975 ns
	E	B	30	30	3.58	0.000344	0.00103 **
PMP	MA	E	30	30	-1.79	0.0736	0.221 ns
	MA	B	30	30	1.79	0.0736	0.221 ns
	E	B	30	30	3.58	0.000347	0.00104 **
AD	MA	E	30	30	2.24	0.0248	7.44 e ⁻² ns
	MA	B	30	30	-3.33	0.000859	2.58 e ⁻³ **
	E	B	30	30	-5.58	0.0000000244	7.31 e ⁻⁸ ****
Areia	MA	E	30	30	3.72	0.000202	0.000606 ***
	MA	B	30	30	-0.846	0.398	1 ns
	E	B	30	30	-4.56	0.00000507	0.0000152 ****
Silte	MA	E	30	30	-4.87	1.09 e ⁻⁶	3.28 e ⁻⁶ ****
	MA	B	30	30	1.07	2.85 e ⁻¹	8.56 e ⁻¹ ns
	E	B	30	30	5.94	2.81 e ⁻⁹	8.43 e ⁻⁹ ****
Argila	MA	E	30	30	0.0674	0.946	1 ns
	MA	B	30	30	-2.02	0.0432	0.130 ns
	E	B	30	30	-2.09	0.0367	0.110 ns

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de *p* ajustado pelo método de Bonferroni; Legenda: MA = Mata Atlântica; E = Eucalipto; B = Bambu; DS: Densidade do Solo; DP: Densidade de Partículas; PT: Porosidade Total; CC: Capacidade de Campo; PMP: Ponto de Murcha Permanente; AD: Água Disponível.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

4.4.3 Química do solo

Analisando-se os valores das variáveis da parte química do solo das três áreas estudadas, foi observado resultados mais próximos entre os ambientes de Mata Atlântica e Eucalipto, em relação a área de Bambu (Tabela 31).

Tabela 31 - Valores médios da composição química do solo (0-10 cm) nas áreas de estudo

Indicadores/Áreas	Mata Atlântica	Eucalipto	Bambu
pH (H ₂ O)	4,93 ± 0,28	4,85 ± 0,41	5,8 ± 0,35
P (mg dm ⁻³)	4,50 ± 3,56	10,20 ± 4,08	178,8 ± 158,50
Na (mg dm ⁻³)	27,10 ± 5,49	42,80 ± 13,64	49,3 ± 5,98
K (mg dm ⁻³)	18,70 ± 5,37	41,80 ± 21,58	66,6 ± 18,01
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,82 ± 0,71	2,59 ± 1,27	5,27 ± 1,58
Mg (cmol _c dm ⁻³)	2,80 ± 0,67	2,62 ± 1,28	5,28 ± 1,59
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,31 ± 0,23	0,60 ± 0,40	0,10 ± 0,22
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	8,36 ± 1,53	9,61 ± 3,02	6,78 ± 2,05
SB	5,85 ± 1,33	5,50 ± 2,57	10,93 ± 3,20
CTC	14,21 ± 2,47	15,11 ± 4,25	17,71 ± 4,14
V (%)	41,10 ± 4,61	35,96 ± 11,56	61,66 ± 8,10
MOT (g dm ⁻³)	117,52 ± 45,86	95,2 ± 32,85	171,3 ± 101,33

Legenda: pH: Potencial Hidrogeniônico; P: Fósforo; Na: Sódio; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H + Al: Acidez Potencial; SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; V: Saturação de Bases; MOT: Matéria Orgânica Total.

Elaboração: Renato Wilian Santos de Lima, jun., 2022.

Na área de Bambu se observou indícios de perturbação antrópica por meio de descarte de lixo (garrafa pet, vidro, latas de refrigerante), entulho (anilha de concreto, restos de tijolos, telhas, madeira) (Figura 27A a 27D). E, também foi verificado que há lançamento de material vegetal (folha, galho, restos de frutos e outros materiais orgânicos de outras espécies vegetais) (Figura 27A a 27D), o que influenciou os resultados mais elevados das variáveis P (178,8 mg dm⁻³), K (66,6 mg dm⁻³), Ca (5,27 cmol_c dm⁻³), Mg (5,28 cmol_c dm⁻³), SB (10,93 cmol_c dm⁻³), V (61,66 %) e MOT (171,3 g dm⁻³) (Tabela 31).

Em coberturas de *Bambusa vulgaris* (bambu), *Eucalyptus urophylla* (eucalipto), *Azadirachta* (nim) e floresta nativa (Mata Atlântica), Oliveira *et al.* (2020) verificaram resultados menores no bambu quanto a matéria orgânica (14,0 g dm⁻³), fósforo (1,0 mg dm⁻³), potássio (1,0 cmol_c dm⁻³), cálcio (1,9 cmol_c dm⁻³) e magnésio (1,5 cmol_c dm⁻³), demonstrando que o solo da área de Bambu do Parque do Horto de Maceió é submetido a intenso impacto antrópico, com resultados bem mais elevados. Do mesmo modo, em pesquisa realizada por Calheiros *et al.* (2022), no Parque Municipal de Maceió, onde os teores de Matéria Orgânica (56,64 g kg⁻¹) e Fósforo (5,60 mg dm⁻³) na área de Bambuzal foram inferiores ao da área de

Bambu do Parque do Horto de Maceió, devido a menor intervenção antrópica no local. Cabe destacar, que os parques são próximos e antes do crescimento da cidade formavam um único conjunto florestal.

Alterações nos atributos químicos do solo provocados pela ação antrópica são comumente encontradas na literatura, como no estudo realizado por Medeiros *et al.* (2020) em uma área de transição (construção civil/mangue), em Marechal Deodoro, Alagoas, onde verificaram altos teores de Matéria Orgânica ($93,03 \text{ g dm}^{-3}$) e Fósforo ($140,67 \text{ mg dm}^{-3}$), atribuído ao lançamento de esgotos domésticos oriundos do condomínio de alto padrão (Laguna), demonstrando que as perturbações no solo impactam as variáveis químicas.

Nos ambientes de Mata Atlântica e Eucalipto os valores de pH (H_2O) do solo foram reduzidos (4,93 e 4,85, respectivamente), sendo considerados ácidos. Conforme Barreto *et al.* (2006), em solos sob florestas, geralmente são verificados menores valores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exsudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo, influenciado também pela precipitação pluvial (Prezotti; Guarçoni, 2013).

Cabe destacar, que em solos ácidos o alumínio é encontrado em sua forma solúvel (tóxica). De acordo com Prezotti e Guarçoni (2013), a presença Al^{3+} no solo causa engrossamento das raízes das plantas, reduz seu crescimento e impede a formação de pelos radiculares, prejudicando a absorção de água e nutrientes. No entanto, os autores ponderam que algumas espécies possuem alta tolerância ao Al^{3+} , como as do gênero *Eucalyptus*. Ademais, o Al^{3+} (tóxico-próximo a $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em solos florestais é normalmente quelatizado por substâncias húmicas decorrentes da decomposição da matéria orgânica, o que minimiza sua ação tóxica (Lima, 2015).

Nessas áreas (Mata Atlântica e Eucalipto) também se verificou concentrações próximas para os teores de P, Ca, Mg, SB, CTC, V e MOT (Tabela 31). No geral, as condições de fertilidade do solo destes ambientes segundo a classificado apontada por Ronquim (2010) se enquadra na categoria solos distróficos (pouco férteis= $V\% < 50\%$), enquanto solos eutróficos apresentam (férteis= $V\% \geq 50\%$). Roquim (2010) explica que solos distróficos provavelmente serão ácidos, como foi constatado nas áreas de Mata Atlântica e Eucalipto, podendo até conter alumínio em nível tóxico às plantas.

4.4.3.1 Teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn da composição química do solo

Após os testes estatísticos das variáveis químicas do solo, visando observar se houve diferença entre as três áreas e entre os três meses avaliados, observou-se que houve diferenças significativas entre as áreas para o teste de Kruskal-Wallis. Já durante os meses não foi verificada diferenças estatísticas (Tabela 32).

Tabela 32 - Resultado dos testes de Kruskal-Wallis para as variáveis químicas do solo

Variáveis	X ² (Qui-quadrado)		Graus de liberdade		p-value	
	Área	Mês	Área	Mês	Área	Mês
pH	52.098	0	2	2	4.864 e ⁻¹² *	1 ns
P	68.219	0	2	2	1.536 e ⁻¹⁵ *	1 ns
Na	53.473	0	2	2	2.446 e ⁻¹² *	1 ns
K	54.401	0	2	2	1.538 e ⁻¹² *	1 ns
Ca	45.947	0	2	2	1.054 e ⁻¹⁰ *	1 ns
Mg	42.496	0	2	2	5.917 e ⁻¹⁰ *	1 ns
Al	31.506	0	2	2	1.441 e ⁻⁰⁷ *	1 ns
SB	47.348	0	2	2	5.231 e ⁻¹¹ *	1 ns
CTC	12.189	0	2	2	0.002256 *	1 ns
V	56.687	0	2	2	4.903 e ⁻¹³ *	1 ns
MOT	9.4822	0	2	2	0.008729 *	1 ns

* p<0.05; ns: não significativo.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

O teste post-hoc de Dunn apontou que a Mata Atlântica é diferente da área de Bambu quanto as variáveis pH, P, Na, K, Ca, Mg, Al, SB, CTC e V. Já a Mata Atlântica comparada com a área de Eucalipto foi verificada diferenças para as variáveis P, Na e K. Enquanto as espécies exóticas (Bambu e Eucalipto) diferiram quanto a pH, P, K, Ca, Mg, Al, SB, CTC, V e MOT (Tabela 33). Na avaliação considerando os meses, não houve diferença significativa entre nenhum dos meses.

Tabela 33 - Post-hoc de Dunn para os parâmetros químicos do solo em relação as áreas

Variável	Grupo 1	Grupo 2	n1	n2	Estatística	<i>p</i>	<i>p</i> ajustado
pH	MA	E	30	30	-0.669	5.03 e ⁻¹	1 e ⁺⁰ ns
	MA	B	30	30	5.89	3.88 e ⁻⁹	1.16 e ⁻⁸ ****
	E	B	30	30	6.56	5.43 e ⁻¹¹	1.63 e ⁻¹⁰ ****
P	MA	E	30	30	3.62	2.98 e ⁻⁴	8.94 e ⁻⁴ ***
	MA	B	30	30	8.24	1.74 e ⁻¹⁶	5.21 e ⁻¹⁶ ****
	E	B	30	30	4.62	3.80 e ⁻⁶	1.14 e ⁻⁵ ****
Na	MA	E	30	30	4.97	6.72 e ⁻⁷	2.02 e ⁻⁶ ****
	MA	B	30	30	7.13	9.99 e ⁻¹³	3.00 e ⁻¹² ****
	E	B	30	30	2.16	3.07 e ⁻²	9.20 e ⁻² ns
K	MA	E	30	30	4.43	9.47 e ⁻⁶	2.84 e ⁻⁵ ****
	MA	B	30	30	7.32	2.44 e ⁻¹³	7.32 e ⁻¹³ ****
	E	B	30	30	2.89	3.81 e ⁻³	1.14 e ⁻² *
Ca	MA	E	30	30	-1.18	2.38 e ⁻¹	7.13 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	5.19	2.10 e ⁻⁷	6.30 e ⁻⁷ ****
	E	B	30	30	6.37	1.88 e ⁻¹⁰	5.64 e ⁻¹⁰ ****
Mg	MA	E	30	30	-1.20	2.29 e ⁻¹	6.87 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	4.95	7.54 e ⁻⁷	2.26 e ⁻⁶ ****
	E	B	30	30	6.15	7.74 e ⁻¹⁰	2.32 e ⁻⁹ ****
Al	MA	E	30	30	2.24	0.0248	7.44 e ⁻² ns
	MA	B	30	30	-3.33	0.000859	2.58 e ⁻³ **
	E	B	30	30	-5.58	0.0000000244	7.31 e ⁻⁸ ****
SB	MA	E	30	30	-1.16	2.47 e ⁻¹	7.42 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	5.30	1.19 e ⁻⁷	3.56 e ⁻⁷ ****
	E	B	30	30	6.45	1.10 e ⁻¹⁰	3.29 e ⁻¹⁰ ****
CTC	MA	E	30	30	0.400	0.689	1 ns
	MA	B	30	30	3.20	0.00136	0.00407 **
	E	B	30	30	2.80	0.00506	0.0152 *
V	MA	E	30	30	-2.05	4.06 e ⁻²	1.22 e ⁻¹ ns
	MA	B	30	30	5.25	1.51 e ⁻⁷	4.53 e ⁻⁷ ****
	E	B	30	30	7.30	2.91 e ⁻¹³	8.74 e ⁻¹³ ****
MOT	MA	E	30	30	-1.34	0.182	0.546 ns
	MA	B	30	30	1.74	0.0826	0.248 ns
	E	B	30	30	3.07	0.00214	0.00641 **

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$, ns: não significativo; Valor de *p* ajustado pelo método de Bonferroni; Legenda: MA = Mata Atlântica; E = Eucalipto; B = Bambu.

Elaboração: Élide Monique da Costa Santos Cardoso, dez., 2023.

Conforme os resultados é possível inferir que a Hipótese 1 foi refutada quando afirma que a abundância (predição 1a), riqueza (predição 1b), diversidade (predição 1c) e uniformidade (predição 1d) na Mata Atlântica é superior as áreas com espécies exóticas, pois os resultados nas áreas foram homogêneos, demonstrando que os invertebrados se adaptaram aos ambientes com espécies exóticas, com exceção da abundância da macrofauna edáfica, onde foi registrada diferença significativa entre as áreas (Tabela 9), em virtude da presença acentuada de coleópteros em maio/2022 na área de Mata Atlântica, o que favoreceu na diferenciação desta área das demais quanto ao número de indivíduos.

Assim como também é refutada a hipótese quando afirma que as variáveis físico-químicas do solo são menores nas áreas com espécies exóticas (predição 1e). Notadamente em Bambu, foi observado maior capacidade de retenção de água (física do solo), favorecida pelo maior percentual das frações argila+silte (Tabela 28). Do mesmo modo, a área também apresentou os maiores teores P, K, Ca, Mg, SB, V e MOT (química do solo) (Tabela 31), devido à grande intervenção antrópica com constante revolvimento do solo e descarte de material orgânico e inorgânico no local, elevando desta forma os atributos físico-químicos desta área.

5 CONCLUSÕES

- Os herbívoros invertebrados causaram mais danos nas folhas de *P. echinata*, com maior atuação dos sugadores no período de estiagem (out./2023), sobretudo por se tratar de uma espécie mais palatável com maiores teores de N e menor relação C:N;
- Os invertebrados foram impactados pela presença das espécies vegetais exóticas, com a abundância, riqueza, diversidade e uniformidade homogênea entre as áreas, devido a adaptação dos invertebrados aos ambientes, favorecidos pelos maiores parâmetros físicos do solo (CC e AD) e químicos (MOT, P, Na, K, Ca, Mg, SB e V), resultando em um local favorável para o seu estabelecimento;
- A análise de Bray-Curtis apontou alta similaridade entre as áreas para a abundância da macrofauna do solo, macrofauna aérea, macrofauna da serapilheira e da mesofauna edáfica;
- O acúmulo de serapilheira nas áreas de Mata Atlântica>Eucalipto>Bambu, foi atribuído a heterogeneidade das espécies vegetais da área (Mata Atlântica), influenciado pelos menores teores de N, P, K, alta relação C:N e maiores teores de lignina, que dificultam a decomposição do material acumulado no solo, sendo menos atrativos aos organismos da serapilheira;
- 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;
- Pelo Diagrama de Shepard nas áreas predominaram a classe textural areia, com intercalações de argila+silte e presença de matéria orgânica, constatado na análise morfoscópica que o material foi introduzido recentemente no ciclo sedimentar;
- Na área de Mata Atlântica foi constatado correlação significativa entre a riqueza da macrofauna edáfica com as frações areia e finos (silte+argila) e entre o grau de seleção com a diversidade e uniformidade da macrofauna da serapilheira;
- Nas áreas com espécies exóticas, somente foram verificadas correlações significativas no Bambu, entre a abundância da macrofauna da serapilheira com as variáveis independentes (cascalho, areia, finos, curtose, diâmetro médio e grau de seleção), e entre a diversidade da macrofauna edáfica com a assimetria e o cascalho;
- A composição física do solo apresentou poucas variações entre os locais, no entanto, os maiores resultados de CC e AD ocorreram na área de Bambu, indicando que o solo retém mais água. Além disso, os resultados da análise química do solo apontaram maiores teores de MOT,

P, K, Ca, Mg, SB e V, demonstrando que o lançamento de material orgânico elevou nesta área os resultados dos parâmetros químicos.

RECOMENDAÇÕES

A implementação de um programa de monitoramento para avaliar o avanço das espécies vegetais exóticas (Bambu e Eucalipto) na área da APP do IBAMA (Parque do Horto), bem como o seu manejo, como uma medida para evitar sua propagação e garantir maior presença das espécies nativas, como o Pau-Brasil.

Do mesmo modo, recomenda-se a promoção do plantio de espécies vegetais nativas da Mata Atlântica, como o Pau-brasil, visando mitigar o avanço das espécies exóticas, a fim de não comprometer a biodiversidade da área;

Assim como, faz-se necessário o desenvolvimento de um programa de educação ambiental que priorize a conscientização da população que frequenta o local, sobre o descarte correto do lixo, o impacto de espécies exóticas e a importância dos organismos invertebrados para os ecossistemas presentes no Parque do Horto.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. de. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- ALAGOAS EM DADOS. **Perfil dos municípios alagoanos**. 2021. Disponível em: <https://dados.al.gov.br>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- ALMEIDA, B. G. de *et al.* Porosidade. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. p. 82-94.
- ALMEIDA, D. S. de. Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação. *In*: ALMEIDA, D. S. de. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3. ed. Ilhéus: Editus, 2016. p. 48-75.
- ALMEIDA, B. G. de *et al.* **Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 11 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 66).
- ALMEIDA, R. N. de *et al.* Estudo de invertebrados edáficos em áreas distintas quanto ao uso do solo. **Revista Ifes Ciência**, Vitória, v. 6, n. 2, p. 195-206, ago. 2020.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014.
- ALVES, S. da S. **Dinâmica da macrofauna na serapilheira em áreas com plantio de *Eucalyptus* spp. e Caatinga, em Olho D'Água das Flores, Semiárido de Alagoas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.
- AMORIM, A. T.; SOUSA, J. A. P. de; LOURENÇO, R. W. Indicador dos Estágios de Sucessão de Fragmentos Florestais do Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 71, n. 3, jul./set. 2019.
- ANDRADE, E. de L.; CALHEIROS, S. Q. C. 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.
- ANDRADE, J. F. **Interações entre plantas e insetos herbívoros ao longo de gradientes de precipitação e perturbação antrópica crônica**. 2020. 88 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.
- ANJOS, N.; SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, J. C. Pragas do eucalipto e seu controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 50-58, set. 1986.

ARAÚJO, W. S. de. A importância de fatores temporais para a distribuição de insetos herbívoros em sistemas Neotropicais. **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 1-7, jul. 2013.

ARAÚJO, E. A. *et al.* Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, jul. 2012.

ARAÚJO, 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. 166 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./set. 2007.

BARBOSA, T. da C. S.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Indicadores químicos e biológicos de qualidade do solo utilizados no monitoramento da degradação em ambientes semiáridos: análise do estado da arte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 17403-17423, mar. 2022.

BARBOSA, B. G. S. *et al.* Desequilíbrio ambiental na nascente da bacia hidrográfica do Rio Mundaú: causas e consequências para a sociedade. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE E CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 1.3., 2019, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 2019. p. 1-4.

BARBOSA, E. R.; RIOS, P. A. F. Cobertura original, cobertura atual e unidades de conservação da Mata Atlântica alagoana. *In*: MOURA, F. de B. P. (org.). **A Mata Atlântica em Alagoas**. 1. ed. Maceió: EDUFAL, 2006. p. 29-33.

BARRETO, A. C. *et al.* Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 415-425, out./dez. 2006.

BAUER, D. *et al.* Acúmulo de serapilheira em fragmentos da Floresta Atlântica Subtropical. **Revista Pesquisas**, São Leopoldo, v. 1, n. 71, p. 119-130. jan./dez. 2018.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology**: individuals, populations and communities. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068 p.

BEDIN, C. *et al.* Efeito alelopático de extrato de *Eucalyptus citriodora* na germinação de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 5, n. 10, p. 1-7, dez. 2006.

BERNARDI, L. F. de O. *et al.* Mesofauna. *In*: TOMA, M. A.; BOAS, R. C. V.; MOREIRA, F. M. de S. (eds.). **Conhecendo a vida do solo**. v. 3. Lavras: Editora UFLA, 2017. 32 p.

BERTOLO, J. A. M. de O.; GARCIA, F. M.; DAL FARRA, S. O. Destinação da espécie invasora de bambu, do Parque Ecológico Municipal Manoel Silvério, Itapetininga - SP. **Revista Perspectiva em Educação, Gestão e Tecnologia**, Itapetininga, v. 9, n. 18, p. 1-11, jul./dez. 2020.

BEZERRA, A. de A. **Análise sobre o estado de conservação das nascentes no município de Olho D'Água do Casado, Alagoas**. 2022. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

BEZERRA, C. W. F.; ANDRADE, L. de M. Interaction of macroinvertebrates in leaf litter in forest ecosystems: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 6, n. 2, p. 153-166, abr./jun. 2021.

BEZERRA, J. M. *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.

BEZERRA, K. L. T. **Morfodinâmica e caracterização geoambiental na planície costeira do município de Marechal Deodoro, Alagoas**. 2020. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

BIAZIN, P. C. **Característica sedimentar e hidrológica do Rio Ivaí em sua foz com o Rio Paraná, Icaraíma - PR**. 2005. 73 f. (Mestrado em Análise Regional e Ambiental) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

BICALHO, I. M. Um estudo da densidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-14, abr. 2011.

BORGES, C. H. A. *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.

BORTOLI, J. de *et al.* A qualidade da água de dessedentação animal e a preservação das áreas de preservação permanente. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 8, n. 3, p. 170-179, fev./maio 2017.

BOULHOSA, G. S.; BRAGANÇA, C. G. J. F. N.; ESPINOZA, J. A. Caracterização sedimentológica aplicada a análise ambiental - Rio Alegre, Alegre - ES. *In*: Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 6., 2017, Três Rios. **Anais [...]**. Três Rios: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017. p. 286-290.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre. Bookman. 2013. 704 p.

BRANDÃO, P. C.; RIONDET-COSTA, D. R. T.; BOTEZELLI, L. Políticas públicas federais, estaduais e municipais voltadas para Unidades de Conservação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 2, p. 650-669, abr. 2022.

BRASIL. **Decreto n.º 1.709, de 20 de novembro de 1995**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 01 jul. 2021.

BRASIL. **Lei n.º 11.428/2006, de 22 de dezembro de 2006**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 08 set. 2021.

BRUMATTI, D. V.; FREITAS, W. da S.; OLIVEIRA, C. H. R. de. Serapilheira, banco de sementes e fertilidade do solo na região do horto florestal de Ibatiba-ES: um fragmento florestal do bioma Mata Atlântica. **Revista Observatório de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 21, n. 12, p. 26243–26267, 2023.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018. 1032 p.

CABREIRA, W. V. *et al.* Effect of strategies for controlling spontaneous plants on the quality of soil organic matter and soil fertility. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 52, n. 1, p. 1-8, jan. 2021.

CABRERA, G. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v. 35, n. 4, p. 349-364, oct./dic. 2012.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Serapilheira e nutrientes acumulados sobre o solo em plantios de leguminosas e em área restaurada com espécies nativas da Floresta Atlântica. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 961-971, abr./jun. 2020.

CALHEIROS, A. R. *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, A. R. *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.

CANO, P. L. G.; MARCATO JUNIOR, J. Aplicação de aprendizado de máquina com dados de sensoriamento remoto para o mapeamento de florestas urbanas. **Revista Geociências**, Guarulhos, v. 20, n. 2, p. 16-27, jul./dez. 2021.

CARDOSO, J. A. F. **Atributos químicos e físicos do solo e matéria orgânica do solo sob mangueira irrigada e caatinga nativa na região do Vale do Submédio São Francisco**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Campus Juazeiro, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2014.

CARDOSO, E. J. *et al.* Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 274-289, jul./aug. 2013.

CARMAGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG.** 2016. 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

CAMARGO, M. G. SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 371-378, jun. 2006.

CARVALHO, H. C. de S. *et al.* Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado em Goiás, Brasil. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 1-11, jan./dez. 2019.

CARVALHO, R. L. *et al.* Diversidade da macrofauna epígea em área cultivada com *Panicum maximum* cv. Mombaça em zona de cerrado e a mata dos cocais no nordeste brasileiro. *In*: ANDRADE, J. K. B. (org.). **Estudos em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 22-34.

CASTRO, S. L. I.; MAY, L. R.; GARCÍAS, C. M. Meio ambiente e cidades – Áreas de Preservação Permanente (APPs) marginais urbanas na Lei Federal n. 12.651/12. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1340-1349, jul./set. 2018.

CENTENO, L. N. *et al.* Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, jul. 2017.

CHIODINI, B. M. *et al.* Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 181-190, jan./mar. 2013.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **PRIMER v7: user manual/tutorial**. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 2015.

COELHO, M. S. *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.

COLEY, P. D.; BARONE, J. A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual review of ecology and systematics**, Palo Alto, v. 27, n. 1, p. 305-335, jan./dec.1996.

COIMBRA, A. M.; GÓES, A. M.; YAMAMOTO, J. K.; **Análise Granulométrica de Sedimentos**. *In*: Apontamentos de Sedimentologia. Universidade de São Paulo, 1991.

CORDERO-RIVERA, A.; ÁLVAREZ, A. M.; ÁLVAREZ, M. Eucalypt plantations reduce the diversity of macroinvertebrates in small forested streams. **Animal Biodiversity and Conservation**, Barcelona, v. 40, n. 1, p. 87-97, jan./jun. 2017.

COSTA, A. N. da *et al.* Diagnose foliar e nutrição de espécies agroflorestais conduzidas em Cinturão Verde. *In*: COSTA, A. N. da (org.). **Cinturão Verde: Sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço**. São Paulo: Atena Editora, 2022. p. 87-123.

COSTA, L. C. S.; MANESCHY, R. Q.; CANTO, L. O. do. O processo de expansão urbana e seu impacto na cobertura vegetal de Macapá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 2, p. 694-709, abr. 2022.

COUTO, R. do; GARCIA, K. J.; SILVA, M. L. da. Conflitos de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 11, n. 7, p. 2244-2259, dez. 2018.

CRUZ, L. P. de *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.

CUZZUOL, G. R. F. *et al.* Relationship between N, P, and K and the quality and stem structural characteristics of *Caesalpinia echinata* Lam. plants. **Trees**, v. 27, n. 5, p. 1477-1484, oct. 2013.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608 p.

DANELUZ, D. *et al.* Macrofauna epiedáfica associada a solos submetidos a diferentes usos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 7, p. 3867-3880, dez. 2021.

DANTAS, M. E. *et al.* Origem das Paisagens. *In: BRANDÃO, R. de L.; FREITAS, L. C. B.* (orgs.). *Geodiversidade do Estado do Ceará*. 1. ed. Fortaleza: CPRM, 2014. p. 37-60.

DELGADO, M. N. *et al.* dos S. Incidência de guildas de insetos herbívoros em famílias de plantas fanerogâmicas de um cerrado sensu stricto. *In: OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B.* (orgs.). **Ecologia e conservação da biodiversidade 2**. 2 ed. Ponta Grossa: Atena, 2022. p. 90-101.

DELGADO, P. S. **O bambu como material eco-eficiente: caracterização e estudos exploratórios de aplicações**. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

DEUS, L. G. F. de. **Comparação do nível de herbivoria do estrato rasteiro em um fragmento de cerrado de Planaltina (DF)**. 2017. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais) – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina, 2017.

DIAS, D. dos S. *et al.* Composition of the edaphic mesofauna in three environments: conserved, in transition and altered, Atlantic Forest, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 2, p. 736-749, mar./apr. 2022.

DIAS, D. dos S. *et al.* Macrofauna presente nas matrizes de *Byrsonima gardneriana* A. Juss na Caatinga de Olho D'Água do Casado, Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 16, n. suplementar, p. 25-29, dez. 2018.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. 1. ed. Algarve: Faro, 2004, 91 p.

DIRZO, R.; DOMÍNGUEZ, C. A. Plant-herbivore interactions in: Mesoamerican tropical dry forest. *In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E.* (eds.). **Seasonally Dry Tropical Forest**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 305-325.

DRUMMOND-ALVES, F.; ANTONINI, R. D.; NUNES-FREITAS, A. F. Efeito de trilhas sobre artrópodes de serrapilheira no Parque Nacional da Tijuca, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 1-10, jan./dez. 2017.

DRUMMOND, P. M.; WIEDMAN, G. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. 655 p.

ELIAS, G. A.; PADILHA, P. T.; SANTOS, R. dos. O Bioma Mata Atlântica. In: SANTOS, R. dos *et al.* (orgs.). **Biodiversidade em Santa Catarina: Parque Estadual da Serra Furada**. 1 ed. Criciúma: UNESCO, 2016. p. 15-19.

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**. 1. ed. Recife: SEAGRI-AL/Embrapa Solos, 2012. 238 p.

FARRELLY, D. **The Book of Bamboo**. San Francisco. Sierra Club Books, 1984. 332 p.

FARIAS, D. T. de; BARRETO, F. R. da S.; SOUZA, M. R. de; SILVA, C. J. da. Serapilheira em fragmento floresta de caatinga arbustivo-arbórea fechada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 14, n. 2, p. 331-337, abr./jun. 2019.

FARIA, G. M. G.; CAVALCANTI, V. R. Sistema de espaços livres da cidade de Maceió. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, v. 19, n. 26, p. 7-27, maio 2009.

FAVARETTO, N.; COGO, N. P.; BERTOL, O. J. Degradação do solo por erosão e compactação. In: LIMA, M. R. de *et al.* (eds.). **Recomendações de manejo do solo: Aspectos tecnológicos e metodológicos**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2006. p. 255-292.

FERNANDEZ, O. V. Q.; SANTOS, M. L., FULFARO, V. J. Caracterização e distribuição dos sedimentos de fundo do rio Paraná em Porto Rico (PR). **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, v. 1, n. 15, jan./abr. p. 25-32, jan./dez. 2000.

FERREIRA, E. J. L. O bambu é um desafio para a conservação e o manejo de florestas no sudoeste da Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 66, n. 3, p. 46-51, set. 2014.

FERREIRA, N. K. F. *et al.* Disponibilidade de metais pesados e sua correlação com a matéria orgânica do solo em áreas produtoras de hortaliças na Região Metropolitana de Belém/PA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 11, p. 109022-109032, nov. 2021.

FLOR, I. C. **Herbivoria e produção de serrapilheira em remanescentes florestais da floresta ombrófila densa sob diferentes estágios sucessionais, no Sul de Santa Catarina**. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Unidade Acadêmica de Humanidades, Ciências e Educação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2013.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study of significant of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, Claremore, v. 27, n. 1, p. 3-26, mar. 1957.

FRANCO, M. C. **Verificação da qualidade de corpos hídricos na área urbanizada de Jataí (GO)**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Campus Jataí, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2013.

FREIRE, A. L. P. C. *et al.* Monitoramento de insetos com armadilhas pet no cultivo agroecológico de *Luffa cylindrica*. **BIOFARM - Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 389–399, out./dez. 2020.

FREITAS, L. de *et al.* Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n. 1-2, p. 8-25, jan./dez. 2017.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período 2021-2022: Relatório Técnico**. 17. ed. São Paulo: INPE, 2023. 59 p.

FURLANETTO, C. B. **Comunidade de insetos em dois fragmentos (urbano e não-urbano) da Mata Atlântica no sul de Santa Catarina**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Humanidades, Ciência e Educação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2013.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia Agrícola**. 1. ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2002. 920 p.

GARCIA, F. R. M.; CAMPOS, J. V. Biologia e controle de artrópodes de importância fitossanitária (Diplopoda, Symphyla, Isopoda), pouco conhecidos no Brasil. **Biológico**, São Paulo, v. 63, n. 1-2, p. 7-13, jan./dez. 2001.

GEDOZ, M. *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.

GIONGO, V. *et al.* Matéria orgânica do solo em sistemas de produção integrados no Nordeste brasileiro. *In*: SOUZA, H. A. de; LEITE, L. F. C.; MEDEIROS, J. C. (eds.). **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2021. p. 81-112.

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

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 8 p.

GONÇALVES, I. de S.; CARNEIRO, T. R.; VIANA, P. A. Levantamento de coleópteros em mata nativa e na cultura de milho. **Revista Campo Digital**, Campo Mourão, v. 9, n. 2, p. 73-79, dez. 2014.

GRAEFF, A. I. **Influência da adubação nitrogenada sobre bioindicadores de qualidade do solo**. 2021. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Campus Chapecó, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2021.

GROSSI, L. E.; CONTE, H. Família de Coleoptera com ocorrência no Parque Ingá, Maringá, Paraná – Brasil. **Revista Uningá**, Maringá, v. 47, n. 1, p. 12-16, jan./mar. 2016.

GUERRERO, J. V. R. *et al.* De quem é o verde urbano? Uma análise geotecnológica da iniquidade arbórea de São Carlos, SP. **Revista Geociências**, Guarulhos, v. 20, n. 2, p. 36-53, jul./dez. 2021.

GUILHERME, D. de O. *et al.* (orgs.). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 227-241.

GUIMARÃES JÚNIOR, S. A. M.; CALHEIROS, S. Q. C. Avaliação do uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente hídricas do município de Maceió – Alagoas – Brasil. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 2, n. 4, p. 52-68, dez. 2017.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017. 460 p.

GURGEL, V. A.; SANTOS, R. C. de A. L.; SALAMON, K. R. Avaliações de impactos nas implantações do cultivo do eucalipto na Mesorregião Leste do Estado de Alagoas. **Revista de Geografia**, Recife, v. 37, n. 1, p. 262-283, jan./abr. 2020.

GURGEL, V. A. **Transformações nas dinâmicas espaciais no Estado de Alagoas com a inserção da Eucaliptocultura na mesorregião geográfica do Leste Alagoano**. 1. ed. Maceió: EDUFAL. 2021. 136 p.

GURGEL, V. A. **Transformações nas dinâmicas espaciais no Estado de Alagoas com a inserção da Eucaliptocultura na mesorregião geográfica do Leste Alagoano**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

HENRIQUES, I. G. N. *et al.* Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 1, p.84-89, jan./mar. 2016.

HERNANDES, T. Z. Piso de bambu chinês vs. piso de eucalipto brasileiro: estudo de caso comparativo das emissões de gases de efeito estufa no transporte. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 7-16, jan./mar. 2015.

HOROWITZ, C.; MARTINS, C. R.; MACHADO, T. **Espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso especial e de uso intensivo do Parque Nacional de Brasília: diagnósticos e manejo**. 1. ed. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Centro Nacional de Informação, Tecnologias Ambientais e Editoração, 2007. 58 p.

HOWE, G. A.; JANDER, G. Plant Immunity to Insect Herbivores. **Annual Review Of Plant Biology**, San Mateo, v. 59, n. 1, p. 41-66, jun. 2008.

IBGE. **Cidade e estados do Brasil**. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em 05 nov. 2023.

ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação federais**. 3. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2019. 135 p.

INKOTTE, J. *et al.* Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 988-1003, abr./jun. 2019.

INMAN, D. L. Sorting of sediments in the light of fluid mechanics. **Journal of Sedimentary Petrology**, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 51-70, aug. 1949.

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

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 04 set. 2021.

JESUS, L. V. de; ANDRADE, A. C. da S. Parâmetros Granulométricos dos sedimentos da praia dos Artistas – Aracaju – SE. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 9, n. 5, maio 2013.

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: 19 dez. 2023.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 21-29, jan./abr. 2015.

KLEINPAUL, I. S. *et al.* Acúmulo de serapilheira em povoamentos de pinus e eucaliptos no campus da UFSM. *In*: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003, Nova Prata. **Anais [...]**. Nova Prata: Universidade Federal de Santa Maria, 2003. p. 1-9.

LEAL, I. R. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da Caatinga. *In*: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (eds.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p. 435-462.

LEÃO, A. F. **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.

LEHMAN, R. M. *et al.* Understanding and enhancing soil biological health: the solution for reversing soil degradation. **Sustainability**, Basel, v. 7, n. 1, p. 988-1027, jan. 2015.

LIMA, B. M. **Áreas de proteção permanente - APPs em Maceió**: do ideário conservacionista aos usos socioambientais das zonas de interesses ambiental e paisagístico. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

LIMA FILHO, J. A. de *et al.* Captura de insetos utilizando um novo modelo de armadilha com garrafa pet em uma área do IFPB Campus Campina Grande, PB. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 74-79, jun. 2014.

LIMA, M. B. V. de S. *Byrsonima triopterifolia* A. Juss: ocorrência, fenologia e relação com fauna na caatinga alagoana. 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

LIMA, M. S. de. **Relações solo-floresta em fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

LIMA, M. S. de *et al.* dos. Solos florestais em fragmento de floresta urbana na Mata de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 542-553, abr./jun. 2018.

LIMA, R. A. F. de *et al.* How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. **Biodiversity and Conservation**, New York, v. 24, n. 9, p. 2135-2148, sep. 2015.

LIMA, R. W. S. de *et al.* Macrofauna do solo no Parque Municipal de Maceió, Alagoas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 81, p. 292-307, jun. 2021.

LIMA, R. W. S. de; SILVA, A. P. L. da; ARAUJO, K. D. Invertebrados do solo em fragmento de Mata Atlântica com presença de espécies exóticas (*Eucalyptus* sp. e *Bambusa vulgaris*). **GEOGRAFIA (Londrina)**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 167-187, jan. 2024.

LOPES, S. de F.; VALE, V. S. do; SCHIAVINI, I. 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.

LORENZO, P.; GONZÁLEZ, L. Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. **Ecossistemas**, Madrid, v. 19, n. 1, p. 79-91, ene./abr. 2010.

LOZADA, C. M. C. **Índice de qualidade do solo para a avaliação do impacto de diferentes usos e manejos e sua aplicação em uma área rural de Planaltina (DF)**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MACHADO, M. A. de M.; FAVARETTO, R. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos. *In*: LIMA, M. R. de *et al.* (eds.). **Recomendações de manejo do solo: Aspectos tecnológicos e metodológicos**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2006. p. 233-254.

MAESTRI, R. *et al.* Efeito de mata nativa e bosque de eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serrapilheira. **Perspectiva**, Erechim, v. 37, n. especial, p. 31-40, mar./2013.

- MAGALHÃES, L. C. S.; SILVA-FORSBERG, M. C. Espécies exóticas invasoras: caracterização e ameaças aos ecossistemas. **Scientia Amazonia**, Manaus, v. 5, n. 1, p. 63-74, jan./abr. 2016.
- MANTOVANELLI, B. C. *et al.* Qualidade física de solos do Brasil e aplicabilidade de métodos para estimativas de retenção de água no solo: a revisão. **Revista Edutec**, Ariquemes, v. 3, n. 1, p. 87-100, jan./jun. 2022.
- MARCONDES, A. C. J. **Sedimentologia e morfologia da Bacia do Pina, Recife-PE**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- MARTINS, E. L. *et al.* Efeitos da variabilidade espacial da densidade do solo e fração grosseira na estimativa dos estoques de nutrientes em solo degradado. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 29434-29449, dez. 2019.
- MARTINS, T. S. **Análise da granulometria dos sedimentos carbonáticos do Recife de Fora, Porto Seguro, Estado da Bahia**. 2010. 57 f. Monografia (Bacharelado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- MEDEIROS, A. S. de *et al.* Anthropoc interference in mangrove areas of the Mundaú-Manguaba estuarine lagoon complex (CELM), Alagoas (Brazil) as a case study. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 10, p. e20200356, out. 2020.
- MELO, F. V. de *et al.* A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 38-43, jan./abr. 2009.
- MELO, M. C. da S. S. de; **Reconhecimento sedimentológico para mapeamento de áreas com potencial de granulados marinhos siliciclásticos. Estudo de caso: recuperação das praias de Paulista (PE)**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- MELONI, F. **Aspectos químicos e ecológicos de *Neea theifera* (Oerst) e *Guapira graciliflora* (Lundell) (Nyctaginaceae) e a comunidade de Arthropoda no Cerrado stricto sensu, gleba Pé-de-Gigante, Parque Estadual Vassununga, SP**. 2008. 161 f. (Dissertação de Mestrado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.
- MELOS, A. R. de; SATO, A. M.; COELHO NETTO, A. L. Produção, estoque e retenção hídrica da serrapilheira em encosta sob plantio de híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*: médio vale do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 2, p. 66-73, jul./dez. 2010.
- MENGISTU, B. *et al.* Effects of Eucalyptus species plantations and crop land on selected soil properties. **Geology, Ecology, and Landscapes**, London, v. 6, n. 4, p. 277-285, nov. 2020.
- MENEZES, L. F. T. de; PEIXOTO, A. L. Leaf damage in a mangrove swamp at Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 715-724, out. 2009.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 211-220, jul./set. 2006.

MENTA, C; REMELLI, S. Soil Health and Arthropods: From Complex System to Worthwhile Investigation. **Insects**, Basel, v. 11, n. 1, p. 1-21, jan. 2020.

MEZZALIRA, D. D. *et al.* Diversidade de coleópteros edáficos em plantio de *Eucalyptus grandis* situado em Dois Vizinhos, Paraná. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, v. 59, n. 3, p. 872-881, set. 2022.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* **Hotspots revisited**: earth's biologically richest and most endangered Terrestrial ecoregions. 2. ed. Mexico City: CEMEX, 2005. 392 p.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Quais as vantagens em se preservar as Áreas de Preservação Permanente (APP) urbanas?** Disponível em: <https://www.mma.gov.br>. Acesso em: 27 set. 2021.

MOGNON, F. *et al.* Bambu, uma alternativa para o sequestro de carbono. *In*: DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. (orgs.). **Bambus no Brasil**: da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 227-241.

MONTEIRO, E. dos S. *et al.* Análise da frequência de animais da macrofauna, em áreas de mata de preservação e cultivo de goiaba (*Psidium guajava* L.) utilizando a armadilha Pitfall. **Revista Ambientale**, Arapiraca, v. 13, n. 2, p. 1-11, abr./jun. 2021.

MONTEIRO, G. S. **Ocorrência dos grupos taxonômicos Hymenoptera e Coleoptera no Ecossistema Mangue, em Marechal Deodoro, Alagoas**. 2023. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

MOREIRA, F. M. de S.; MOREIRA, J. O. S. **Microbiologia e Bioquímica**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MOREL, A.; ACOSTA, O. O. Calidad del suelo en diferentes usos y manejo por medio de la macrofauna como indicador biológico. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 996-1006, jan./mar. 2022.

MOURA, F. de B. P. Introdução: conceito, abrangência e principais ameaças à Mata Atlântica brasileira. *In*: MOURA, F. de B. P. (org.). **A Mata Atlântica em Alagoas**. 1. ed. Maceió: EDUFAL, 2006. p. 7-17.

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

NASCIMENTO, A. A. do *et al.* Herbivoria foliar de *Xylopia sericea* St. Hil. (Annonaceae) em sub-bosque de plantio de Eucalipto e de Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 77-86, mar. 2011.

NASCIMENTO, S. G. da S. *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.

NUNES, M. S. *et al.* Avaliação de entomofauna com armadilhas coloridas em reserva ecológica no município de Patrocínio/MG. **Revista Educação, Saúde e Meio Ambiente**, Patrocínio, v. 1, n. 2, p. 158-174, jul./dez. 2017.

OLIVEIRA, A. M. de *et al.* Decomposição da serapilheira foliar em plantios de bambu, nim indiano e eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 845–855, jul./set. 2020.

OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2021. 1160 p.

OLIVEIRA, G. P. *et al.* Influência da urbanização em Área de Preservação Permanente (APP) no bairro Filadelfia – Marabá (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Teresina, v. 5, n. 1, p. 39-54, jan./abr. 2019.

OLIVEIRA, H. M. de *et al.* Avaliação dos efeitos da arborização nas variáveis de temperatura e umidade relativa do ar na cidade de Manicoré, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 32, n. 1, p. 292-310, jan./jun. 2023.

OLIVEIRA, M. A. de. *et al.* Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. suplemento, p. 800-807, nov./dez. 2014.

OLIVEIRA, M. F. *et al.* Influência de relações Nitrogênio/Potássio na preferência para alimentação e oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B na cultura do tomateiro. **Agrociencia (Uruguay)**, Montevideo, v. 13, n. 1, p. 19-26, ene./jun. 2009.

OSSE, V. C.; MEIRELLES, C. R. M. O potencial do bambu na minimização dos problemas climáticos nos espaços urbanos. **Revista LABVERDE**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 36-53, nov. 2011.

OSTAPIV, F. Os principais bambus do Brasil. *In*: LIBRELOTTO, L. I.; OSTAPIV, F. (orgs.). **Bambu: caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. 1. ed. Florianópolis: Grupo de Pesquisa Virtuhab, 2019. p. 13-28.

OZÓRIO, J. M. B. *et al.* Sistema edáfico: principais indicadores químicos, físicos e biológicos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 11, n. 7, p. 24-36, dez. 2020.

PAIXÃO, N. A. **Indicadores de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso do solo**. 2019. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Campus Parauapebas, Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, 2019.

PARAHYBA, R. B. V. *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.

PAULINO-NETO, H. F. Polinização por besouros. *In*: RECH, A. R. *et al.* (orgs.). **Biologia da polinização**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ceres Belchior, 2014. p. 259-275.

PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, Victoria, v. 11, n. 5, p. 1666-1644, oct. 2007.

PEREIRA JÚNIOR, A. *et al.* Diversity and functionality of edaphic fauna on campus vi of Pará State University in the municipality of Paragominas, Pará state. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 6, p. e47111629454, abr. 2022.

PEREIRA, J. C. D. *et al.* **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p.

PEREIRA, M. A. dos R. **Projeto bambu**: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 2012. 200 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru, 2012.

PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 385 p.

PINTO JÚNIOR., J. E.; SANTAROSA, E.; GOULAR, I. C. G. R. Histórico do cultivo de eucalipto. *In*: SANTAROSA, E.; PENTEADO JR., J. F.; GOULART, I. C. G. R. (eds.). **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais**: diversificação da produção e renda. Brasília: Embrapa, 2014. p. 11-12.

PINTO, S. I. do C. *et al.* Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal mata do paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 653-663, jul. 2009.

PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013. 104 p.

PROENÇA, M. S.; DAL-FARRA, R. A.; OSLAJ, E. U. Espécies nativas e exóticas no ensino de ciências: uma avaliação do conhecimento dos estudantes do ensino fundamental. **Revista Contexto & Educação**, Ijuí, v. 32, n. 103, p. 213-247, set./dez. 2017.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 19 jun. 2023.

RASBAND, W. S. **ImageJ**, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Marylande, USA. Disponível em: <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2014. Acesso em: 10 ago. 2021.

REICHERT, L. M. M. **A importância dos dípteros como visitantes florais**: uma revisão de literatura. 2010. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

REINECK, H. E.; SINGH, I. B. **Depositional sedimentary environments**: with reference to terrigenous clastics. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1980. 543 p.

REINERT, D.; REICHERT, J. **Propriedades Físicas do Solo**. 1. ed. Santa Maria: Departamento de Solos, 2006. 18 p.

RODRIGUES, W. C. **Distância de Bray-Curtis**. [S. l.]: AntSoft Systems On Demand, 2023. Disponível em: www.dives.ebras.bio.br. Acesso em: 7 abr. 2023.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2. ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 1. ed. Campinas: EMBRAPA, 2010. 26 p.

ROTERMUND, R. **Análise e planejamento da floresta urbana enquanto elemento da infraestrutura verde**: estudo aplicado à bacia do córrego Judas/Maria Joaquina, São Paulo, SP. 2012. 158 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

RUIZ, N.; LAVELLE, P.; JIMENEZ, J. **Soil macrofauna field manual**: technical level. 1. ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. 101 p.

SANTANA, J. A. da S. *et al.* Acúmulo de serapilheira em plantios puros e em fragmento de Mata Atlântica na Floresta Nacional de Nísia Floresta-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 59-66, jul./set. 2009.

SANTANA, J. A. da S. *et al.* Comportamento de *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H. C. Lima & G. P. Lewis (pau-brasil) em plantios homogêneos experimentais no Nordeste do Brasil. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 5, n. 4, p. 2422-2438, out./dez. 2020.

SARTORELLI, P. A. R. *et al.* **Guia de plantas não desejáveis na restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: Agroicone, 2018. 71 p.

SANTOS, R. C. A. L. **Estudo Sedimentológico e Geoambiental no Sistema Lagunar Mundaú - Alagoas**. Recife, 1998. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

SANTOS, S. V. O. dos. **Processos erosivos na zona de expansão urbana do litoral norte do município de Maceió – AL**. 2017. 120 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Estruturação do Espaço Geográfico) – Instituto de Geografia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SCHARDONG, C. J. H. **Diversidade de ácaros e colêmbolos em diferentes estações e usos do solo em Cerro Largo - RS**. 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Campus Cerro Largo, Universidade Federal Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.

SCHLOERKE, B. *et al.* **GGally**: extension to 'ggplot2'. R package version 2.1.2. 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=GGally>. Acesso em: 19 dez. 2023.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 138, n. 1-3, p. 335-356, nov. 2000.

SCHOLLE, P. A. **Constituents, textures, cements, and porosities of sandstones and associate rocks**. 1. ed. Oklahoma: The American Association of Petroleum Geologists, 1979. 193 p.

SCHOWALTER, T. D. Herbivory. *In*: SCHOWALTER, T. D. (eds.). **Insect Ecology: An Ecosystem Approach**. 3. ed. San Diego: Elsevier, 2011. p. 359-396.

SALIBA, I. L. *et al.* Aerial entomofauna in *Eucalyptus* spp. in Southeast Pará, Brazil. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 15, p. e04101522573, nov. 2021.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of sedimentary Research**, New York, v. 24, n. 3, p. 151-158, sep. 1954.

SIBANDA, M. *et al.* Mapping the *Eucalyptus* spp woodlots in communal areas of Southern Africa using Sentinel-2 Multi-Spectral Imager data for hydrological applications. **Physics and Chemistry of the Earth**, Cape Town, v. 122, n. 2, p. 1-8, jun. 2021.

SILLMANN, T. A. *et al.* da. Avaliação por sensoriamento remoto da floresta urbana do bairro Vila Monteiro, Piracicaba, SP. **Revista Geociências**, Guarulhos, v. 20, n. 2, p. 28-35, jul./dez. 2021.

SILVA, A. B. **Potencial forrageiro da espécie *Byrsonima gardneriana* A. Juss e interações ecológicas com herbívoros e macrofauna, no semiárido alagoano**. 2019. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

SILVA, A. M. **Diversidade de formigas epigéicas em fragmentos de floresta estacional semidecidual e agroecossistema adjacentes de milho e soja, no município de Ipameri-GO**. 2014. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2014.

SILVA, A. P. L. da. **Estudos geomorfológico e sedimentológico do Sistema Estuarino Lagunar do Roteiro – Alagoas**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

SILVA, C. A. R. da. **Acúmulo de serapilheira e organismos edáficos no Parque Municipal de Maceió, Alagoas**. 2021. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

SILVA, C. A. R. da *et al.* Macrofauna invertebrada presente no compartimento serapilheira, em Maceió, Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 4, n. 1, p. 1-6, set. 2019.

SILVA, C. A. R. da *et al.* Acúmulo de serapilheira e organismos edáficos em uma unidade de conservação, em Maceió, Alagoas. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 1-16, dez. 2022.

SILVA, D. L. da; FERREIRA, R. A.; GAMA, D. C. *Bambusa vulgaris* e outras espécies exóticas no Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, Sergipe: uma preocupação com invasão biológica. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 29, n. 1, p. 2-17, abr. 2021.

SILVA, G. R. da; PAULETTO, D.; SILVA, A. R. Dinâmica sazonal de nutrientes e atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 63, n. 1, p. 1-9, jan./dez. 2020.

SILVA, H. R. da; FERREIRA, J. L. S. NEVES, F. Serapilheira acumulada de eucalipto em sistema integrado de lavoura-pecuária-floresta. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 9, n. 2, jul./dez. 2018.

SILVA, I. F.; PEREIRA, D. S.; SILVA, S. R. F. Estudos morfológicos do bambu (*Bambusa cf. vulgaris* L.), uma espécie invasora em área de Mata Atlântica no Parque Municipal de Maceió-Alagoas. **Revista Semente**, Maceió, v. 6, n. 6, p. 99-109, abr. 2011.

SILVA, M. de O. *et al.* Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, jan. 2021.

SILVA, M. O. *et al.* Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, jul. 2020.

SILVA, P. C. *et al.* Matéria orgânica e acidez em um latossolo vermelho cultivado com sorgo sacarino sob níveis de vinhaça. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 59103-59114, aug. 2020.

SILVA, T. M. S. **Avaliação da herbivoria nas folhas de *Conocarpus erectus* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaerth e *Rhizophora mangle* L, em ambiente de mangue, Marechal Deodoro, Alagoas.** 2022. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

SOARES, E. C. L.; WEISER, V. de L. O que são insetos minadores?. **Aprendendo Ciência**, Assis, v. 9, n. 1, p. 16-19, jan./dez. 2020.

SOARES, M. T. S. *et al.* Eucalipto: desafios para a pesquisa em nutrição, na ótica da sustentabilidade florestal. *In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (eds.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento.* 1. ed. Brasília: Embrapa, 2021. p. 515-554.

SOUZA, C. R. G. de. **Caracterização sedimentológica e geoambiental no sistema estuarino lagunar Jequiá – litoral sul de Alagoas.** 2021. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

- SOUZA, D. R. *et al.* Characterization of ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in twigs in the leaf litter of the Atlantic Rainforest and *Eucalyptus* trees in the Southeast Region of Brazil. **Psyche: A Journal of Entomology**, Cambridge, v. especial, n. especial, p. 1-12, dec. 2012.
- SOUZA, L. da S. *et al.* Inter-relação entre manejo e atributos físicos do solo. *In*: BERTOL, I.; MARIA, I. C. de; SOUZA, L. da S. (eds.). **Manejo e conservação do solo e da água**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p. 193-249.
- SOUZA, M. A. *et al.* Organismos da mesofauna do solo em fragmento de Mata Atlântica. *In*: ONE, G. M. da C.; ALBUQUERQUE, H. N. de. (orgs.). **Meio Ambiente: uma visão interativa**. 2. ed. João Pessoa: Instituto Medeiros de Educação Avançada, 2019. p. 82-99.
- SOUZA, M. A. **Dinâmica da serapilheira e fauna edáfica em áreas de murici (*Byrsonima gardneriana* A. Juss) no Semiárido de Alagoas, Brasil**. 2014. 155 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.
- SOUZA, T. *et al.* Variabilidade temporal da fauna edáfica e seus grupos funcionais em sistema agroflorestal. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 1-10. jan. 2022.
- SPERANDIO, H. V. *et al.* Emprego da serapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre-ES. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 460-467, out./dez. 2012.
- SPERBER, C. F.; VIEIRA, G. H.; MENDES, M. H. Improving litter cricket (Orthoptera: Gryllidae) sampling with pitfall traps. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 733-735, out./dez. 2003.
- SPIAZZI, F. R. *et al.* Quantificação da contaminação biológica por espécies arbóreas exóticas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages-SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 403-414, abr./jun. 2017.
- SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 12, n. 1, p. 41-57, mar. 2018.
- SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**. 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1973. 317 p.
- SUSZEK, F. L.; SAMPAIO, S. C.; LIMA, V. L. A. de. Controle estatístico de qualidade da condutividade hidráulica em Luvisolo e Neossolo com variação da densidade do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 16-24, jan./mar. 2019.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems: studies in ecology**. v. 5. Oxford: Blackwell Scientific, 1979. 238 p.
- 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).

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

TELLES, T. S.; DECHEN, S. C. F.; GUIMARÃES, M. de F. Aspectos econômicos, sociais e ambientais do manejo e da conservação do solo e da água. *In*: BERTOL, I.; MARIA, I. C. de; SOUZA, L. da S. (eds.). **Manejo e conservação do solo e da água**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p. 83-108.

TESSARO, D. *et al.* Decomposição de serapilheira e diversidade da fauna epiedáfica em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 11, p. e8491110330-e8491110330, oct. 2020.

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

TUCKER, M. **Techniques in Sedimentology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1995. 394 p.

TURNBULL, J. W. Eucalypt plantations. **New Forests**, Berlin, v. 17, n. 1, p. 37-52, jan. 1999.

UHLIG, V. M. **Caracterização da mesofauna edáfica em áreas de regeneração natural da Floresta Ombrófila Densa Submontana, no município de Antonina, Paraná**. 2005. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

VALDUGA, M. O.; ZENNI, R. D.; VITULE, J. R. S. Ecological impacts of non-native tree species plantations are broad and heterogeneous: a review of Brazilian research. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 3 supl., p. 1675-1688, jul./set. 2016.

VECHI, A.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 3, n. 1, p. 495-507, jan./jun. 2018.

VIEIRA, G. S. *et al.* Degradação do solo: formação de estruturas e agregação das partículas como subsídio para recuperação ambiental. *In*: SEABRA, G. (org.). **Terra - Habitats urbanos e rurais**. 1. ed. Ituiutaba: Barlavento, 2019. p. 278-288.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-275, dez. 2007.

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: 14 dez. 2023.

WICKHAM, H. *et al.* **dplyr**: a grammar of data manipulation. R package version 1.0.7. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 14 jan. 2023.

ZILLER, S. R.; DECHOUM, M. S. Plantas e vertebrados exóticos invasores em Unidades de Conservação no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 4-31, mar. 2013.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 1-6, dez. 2001a.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 178, p. 77-79, dez. 2001b.

ZOBEL, B. J.; SPRAGUE, J. R. **Juvenile wood in forest trees**. 1 ed. Berlim: Springer-Verlag, 1998. 300 p.