

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

**Agricultura Urbana como Ambiente de Conservação
da Biodiversidade da Fauna Edáfica na Zona Oeste
do Município do Rio de Janeiro (RJ)**

Maria João Ferreira Carneiro dos Santos Pires

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**AGRICULTURA URBANA COMO AMBIENTE DE CONSERVAÇÃO
DA BIODIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA NA ZONA OESTE DO
MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO (RJ)**

MARIA JOÃO FERREIRA CARNEIRO DOS SANTOS PIRES

*Sob orientação da Professora
Maria Elizabeth Fernandes Correia*

*e coorientação da Professora
Mariella Camardelli Uzeda*

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestra, no Programa de Pós-
Graduação em Agronomia - Ciência do
Solo, Área de Concentração em
Biologia do Solo.

Seropédica, RJ
Maio, 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central/Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
Com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P667a Pires, Maria João Ferreira Carneiro dos Santos, 1984-
Agricultura urbana como ambiente de conservação da biodiversidade da fauna
edáfica na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro (RJ)/Maria João Ferreira
Carneiro dos Santos Pires. – Seropédica, 2023.
57 f.: il.

Orientadora: Maria Elizabeth Fernandes Correia.
Coorientadora: Mariella Camardelli Uzeda.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo, 2023.

1. Mesofauna do solo. 2. Minhoca. 3. Agroecologia. 4. Sertão Carioca. 5.
Paisagem urbana. I. Correia, Maria Elizabeth Fernandes, 1967-, orient. II. Uzeda,
Mariella Camardelli, 1968-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Agronomia - Ciência do Solo. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA (CIÊNCIAS DO SOLO)



**HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N° 44 / 2023 - CPGACS
(12.28.01.00.00.00.27)**

Nº do Protocolo: 23083.037728/2023-14

Seropédica-RJ, 14 de junho de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA ? CIÊNCIA DO SOLO

MARIA JOÃO FERREIRA CARNEIRO DOS SANTOS PIRES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia ? Ciência do Solo, Área de Concentração em Biologia do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30/05/2023.

Maria Elizabeth Fernandes Correia. Dra. Embrapa

(Orientadora)

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ

Luiz Fernando Duarte de Moraes. Dr. Embrapa

(Assinado digitalmente em 14/06/2023 15:55)

MARCOS GERVASIO PEREIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptS (12.28.01.00.00.00.33)
Matrícula: 1060711

(Assinado digitalmente em 14/06/2023 12:04)

MARIA ELIZABETH FERNANDES CORREIA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 932.320.637-72

(Assinado digitalmente em 14/06/2023 11:48)

LUIZ FERNANDO DUARTE DE MORAES
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 068.427.058-78

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **44**, ano: **2023**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**, data de emissão: **14/06/2023** e o código de verificação: **17163bec04**

A Deus, minha família e amigos que me incentivaram a voltar a estudar.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, a Jesus e ao Espírito Santo que tanto me auxiliaram durante esta jornada.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Solos pelo acesso ao conhecimento;

Aos professores do programa o meu muito obrigada pela excelência no conhecimento; Marcos Gervasio, Everaldo Zonta, Eduardo Neto, Maria Elizabeth, Nivaldo, Daniel, Andrés, Ricardo Berbara, Professora Lúcia Helena Anjos em ensinar de forma tão linda, aos funcionários da secretaria Michele e Marquinhos da pós pela ajuda de sempre.

À CAPES pela bolsa de mestrado concedida e à Embrapa Agrobiologia pela estrutura de pesquisa e a todos os colaboradores me ajudaram, principalmente ao Marcelo Antoniol do Laboratório Leguminosas.

À minha orientadora, Maria Elizabeth Fernandes Correia por todo carinho, cuidado, ensinamentos e paciência. Como aprendi com você nessa jornada e aprendi a amar a fauna do solo, algo até então desconhecido para mim. Obrigada por todo incentivo. À minha coorientadora Mariella pela ajuda essencial nas análises estatísticas.

Aos amigos do Laboratório de Fauna do solo – EMBRAPA Agrobiologia pela convivência diária e pela ajuda de sempre: Técnico de laboratório Roberto Silva que me auxiliou tanto, além das suas forças nas coletas em campo e no laboratório, a colega Liliane que me auxiliou nas coletas e em muitos dados da área, ao Gabriel pelos nossos cafezinhos, Stefanny pela companhia nas conversas e ajuda com meu sumário e referências sempre, a amiga Jacira pelos conselhos, cuidado, carinho e orações durante o expediente, Roberto Carlos pela amizade e conversas durante o almoço e ajuda nas análises químicas e ao Fernando Antunes, Dr Gongolo que aprendi muito e admiro por tudo, por me auxiliar nas aulas de reforço em formação de solo que achava impossível aprender e por me ajudar na revisão da minha escrita e de tantos incentivos.

Aos colegas da Universidade Gabriel, Érica, Kennedy, Matheus Messias, Naelmo, Helen. A amiga Daniele França pelo carinho, caronas, incentivos e horas juntas nos engarrafamentos durante as viagens entre Seropédica x Piraí, e nas revisões da dissertação gratidão.

À amiga Adriana Barbosa pelas conversas, companhia, risadas e incentivo nesse tempo juntas.

À amiga Isabelly Santos que nas horas do almoço em nossos desabafo nos tornamos amigas para a vida toda. Obrigada pela ajuda, aprendizado, convivência, crescimento e companheirismo. Quantos dias agradáveis passei a seu lado.

Ao meu esposo, Demael por tanto cuidado com nosso filho Asafe, com nosso lar e comigo nos momentos de exaustão, foram duas crises de ansiedade superadas, e duas enchentes em nossa casa que superamos juntos, obrigada por sonhar junto comigo esse sonho e me dar forças em oração para continuar essa caminhada.

A minha mãe Maria Arminda por me ouvir nos momentos difíceis, ao meu pai Artur, minha sogra Luzia, meus irmãos Milena e Arturzinho e minha bôadrastra Léa.

As minhas amigas de Faculdade Thainá Louzada pelos conselhos duros mas que me fizeram tomar um rumo na minha vida e voltar a estudar, a Fernanda Martins que me ajudou a me inscrever no mestrado e me apoiou em um momento tão importante, a Priscila Pereira pelas orações e palavras de incentivo.

À minha amiga Débora de Farias pelo incentivo e pela ajuda me emprestando o notebook dela sempre para estudar. À minha ex-patrãoa Cremilda por ter me abençoado com um notebook para estudar e me incentivar sempre. À minha amiga Joanna Portugal que num momento decisivo da minha vida me disse vai lá amiga e arrasa e faz esse mestrado com excelência.

À minha discipuladora Luciana Veloso que me ensinou a vencer em Deus, acreditar no meu potencial e de que tudo é possível aquele que crê e obedece a palavra de Deus.

BIOGRAFIA

Maria João Ferreira Carneiro dos Santos Pires, filha de Artur Agostinho Couto dos Santos e Maria Arminda Ferreira Carneiro, nasceu em Vila Nova de Famalicão, Braga, Portugal, no dia 16 de Julho de 1984. Concluiu o ensino médio no Colégio Estadual Octávio Teixeira Campos no ano de 2002 em Piraí, Rio de Janeiro. Em 2005, ingressou no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (CEDERJ) na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Graduou-se em 2010. No ano de 2021, ingressou no curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo na área de Biologia do Solo, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RESUMO

PIRES, F. C. dos, Maria João. **Agricultura urbana como ambiente de conservação da biodiversidade da fauna edáfica na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.** RJ. 2023. 57f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

A prática da agricultura urbana e periurbana se mostra uma alternativa importante para a segurança alimentar e a geração de renda para comunidades em risco social. No entanto, para além dessa perspectiva, a agricultura urbana é uma tradição na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, cujas atividades agrícolas, em vários ciclos, remontam ao século XVIII. Atualmente, as áreas de agricultura urbana agroecológica podem ser vistas também como importantes remanescentes de biodiversidade e provedoras de serviços ecossistêmicos para as áreas mais urbanizadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de áreas de agricultura urbana agroecológica de serem capazes de promover a conservação da biodiversidade da fauna de solo. Além disso, objetivou-se também avaliar que atributos do solo e feições da paisagem mais interferem na ocorrência e densidade da fauna do solo. Para isso, foram selecionadas 15 áreas de agricultura urbana nos bairros de Campo Grande e Vargem Grande, na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, com plantio de hortaliças, cultivos mistos anuais, cultivo de banana e caqui predominantemente sob sistema agroflorestal. Em cada área foi estabelecido um transecto com três pontos de amostragem distantes entre si cinco metros, em que a mesofauna de solo foi amostrada com um trado específico, em que foi coletada a serrapilheira e o solo até 10 cm; as minhocas foram amostradas pelo método TSBF na profundidade de 0-10 cm e o solo foi amostrado na mesma profundidade para análise de rotina de fertilidade e textura do solo. Os dados foram analisados por uma sequência de técnicas multivariadas, utilizando-se primeiro a análise de componentes principais (ACP) para seleção de atributos do solo, representando a escala local de influência e percentuais de feições da paisagem: estrato arbóreo, área urbanizada, cobertura por gramíneas, cultivo de banana, demais cultivos e solo exposto. As mensurações dos percentuais das feições da paisagem foram realizadas utilizando-se dois buffers ao redor da área amostrada, de 500 m e 250 m. Para a seleção dos grupos da fauna com maior representatividade e grau de resposta aos fatores ambientais foi realizada uma análise de escalonamento multidimensional (NMDS). A determinação de fatores ambientais da escala local e das escalas de 500 m e 250 m foi realizada pela análise de modelos lineares generalizados (GLM), através da qual foi possível selecionar modelos compostos por variáveis determinantes da ocorrência e densidade dos diferentes grupos da fauna de solo selecionados. Os grupos mais abundantes foram Acari, Collembola, Entomobryomorpha e Formicidae. Nas áreas de cultivos, Acari foi o grupo dominante, enquanto na Mata de referência Entomobryomorpha foi o grupo mais abundante. Na escala local, o pH foi o atributo que mais recorrentemente compôs os modelos, frequentemente com sinal negativo, evidenciando uma relação inversa entre o valor de pH e a densidade do grupo da fauna. Este resultado sugere o pH como um bom indicador para correlações com a mesofauna do solo e também com minhocas. A escala de avaliação com buffer de 500 m não apresentou modelos que pudessem explicar claramente a influência das feições da paisagem sobre a fauna de solo. Os modelos selecionados para a escala de 250 m, por sua vez, foram capazes de selecionar grupos com maior afinidade por cultivos e áreas muito antropizadas. Como conclusão deste trabalho observou-se que as áreas de agricultura urbana agroecológica são capazes de manter uma comunidade de fauna de solo abundante e diversa, porém com estrutura diferente da encontrada na área de mata nativa utilizada como referência.

Palavras-chave: Mesofauna do solo. Minhocas. Agroecologia. Sertão carioca. Paisagem urbana.

ABSTRACT

PIRES, F. C. dos, Maria João. **Urban agriculture as an environment for the conservation of biodiversity of the edaphic fauna in the western zone of the municipality of Rio de Janeiro.** RJ. 2023. 57p. Dissertation (Master in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

The practice of urban and peri-urban agriculture is an important alternative for food security and income generation for communities at social risk. However, beyond this perspective, urban agriculture is a tradition in the western zone of the city of Rio de Janeiro, whose agricultural activities, in various cycles, date back to the 18th century. Currently, agroecological urban agriculture areas can also be seen as important remnants of biodiversity and providers of ecosystem services for more urbanized areas. The objective of this study was to evaluate the ability of agroecological urban agriculture areas to promote the conservation of soil fauna biodiversity. In addition, the objective was also to evaluate which soil attributes and landscape features most interfere with the occurrence and density of soil fauna. For this, 15 areas of urban agriculture were selected in the neighbourhoods of Campo Grande and Vargem Grande, in the West Zone of the city of Rio de Janeiro, with vegetable planting, annual mixed crops, banana and persimmon cultivation predominantly under an agroforestry system. In each area, a transect was established with three sampling points, in which the soil mesofauna was sampled with a specific auger, in which litter and soil up to 10 cm were collected; earthworms sampled by the TSBF method at a depth of 0-10 cm and soil at the same depth for routine analysis of fertility and soil texture. Data were analysed using a sequence of multivariate techniques, first using principal component analysis (PCA) to select soil attributes, representing the local scale of influence and percentages of landscape features: tree stratum, urbanized area, land cover by grasses, banana cultivation, other crops and exposed soil. The measurements of the percentages of the landscape features were performed using two buffers around the sampled area, 500 m and 250 m. For the selection of groups of fauna, a multidimensional scaling analysis (NMDS) was performed. The determination of environmental factors at the local scale and at the 500 m and 250 m scales was carried out using the analysis of generalized linear models (GLM), through which it was possible to select models composed of variables that determine the occurrence and density of different groups of soil fauna selected. The most abundant groups were Acari, Collembola Entomobryomorpha and Formicidae. In the cultivated areas, Acari was the dominant group, while in the reference forest Entomobryomorpha was the most abundant group. At the local scale, pH was the attribute that most recurrently composed the models, and often with a negative sign, showing an inverse relationship between the pH value and the density of the faunal group. This result suggests pH as a good indicator for correlations with soil mesofauna and also with earthworms. The evaluation scale with a 500 m buffer did not present models that could clearly explain the influence of landscape features on soil fauna. The models selected for the 250 m scale, in turn, were able to select groups with greater affinity for crops and highly anthropized areas. As a conclusion of this work, it was observed that the areas of agroecological urban agriculture can maintain an abundant and diverse community of soil fauna, but with a different structure from that found in the native forest area used as a reference.

Keywords: Soil mesofauna. Eartworms. Agroecology. “Sertão carioca”. Urban landscape.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica do bairro Vargem Grande, pertencente à Área de Planejamento 4, localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, RJ. Fonte: Google Earth (2021).....	4
Figura 2. Resumo da importância das atividades socioeconômicas e ambientais promovidas no Maciço da Pedra Branca. Fonte: Balieiro, et al (2023).	5
Figura 3. Classificação da fauna do solo por tamanho. Fonte: Global Soil Biodiversity Atlas (2016)	7
Figura 4. Exemplos de organismos da mesofauna do solo. A e B) Ácaros, C e D) Colêmbolos E) Protura F) Diplura G) Formicidae H) Térmitas I) Isopoda J) Oligoqueta L) Coleoptera. Fonte: European Atlas Of Soil Biodiversity (2016).	11
Figura 5. Modelo de guildas proposto por Lavelle et al (2006), em que ao se aumentar o tamanho dos organismos associados às diferentes guildas, aumenta-se a escala dos efeitos sobre a agregação e estrutura do solo.....	14
Figura 6. Mapa de situação do Parque Estadual da Pedra Branca. Fonte: IBGE/INEA/DATA.RIO (JUNHO 2021)	15
Figura 7. Mapa de solos. Fonte: IBGE/INEA/DATA.RIO (2021).	16
Figura 8. Mapa de cobertura vegetal e uso do solo do PEPB com destaque para a delimitação de zona de amortecimento. Fonte: INEA/DATA.RIO (2021).	17
Figura 9. Mapa com recorte do gradiente amostrado, indicando a localização das 15 áreas avaliadas neste estudo, com buffer de raio de 50 e 250 m ao redor da área de amostragem. Estão indicados também o limite da área do Parque Estadual da Pedra Branca e o limite da Zona de Amortecimento. Fonte: Liliane Ferreira (2023).	18
Figura 10. Detalhe do buffer de 500 m de raio ao redor da área amostrada, com os diferentes usos da terra e coberturas vegetais predominantes, indicando o percentual de arborização das 15 áreas avaliadas. Fonte: Liliane Ferreira (2023).....	19
Figura 11. Detalhe do buffer de 250 m de raio ao redor da área amostrada, com os diferentes usos da terra e coberturas vegetais predominantes, indicando o percentual de arborização das 15 áreas avaliadas. Fonte: Liliane Ferreira (2023).....	20
Figura 12. A- Sonda metálica para coleta de amostras de serrapilheira e solo para avaliação da comunidade da mesofauna de solo. B- Bateria de Funis de Berlese-Tullgren, utilizada para extração da mesofauna de solo das amostras. Fonte: Aquino et al. (2006).....	21
Figura 13. Avaliação da biomassa de minhocas. A) Método de coleta (TSBF); B) Pesagem de Minhocas.	23
Figura 14. Variação da densidade, da riqueza total e da riqueza média da mesofauna do solo nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro. Médias de três repetições. Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande. A1 e A3- Cultivo Misto; A2, A14 e A15- Hortas; A4- Caqui; A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A13- Bananal; A12- Mata.....	27
Figura 15. Variação do Índice de Pielou, em comparação com a densidade de Acari e Entomobryomorpha nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro. Médias de três repetições. Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande. A1 e A3- Cultivo Misto; A2, A14 e A15- Hortas; A4- Caqui; A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A13- Bananal; A12- Mata.	28
Figura 16. Frequência de ocorrência dos diferentes grupos da mesofauna do solo nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.	29

- Figura 17.** Composição relativa de grupos da mesofauna do solo em áreas de agricultura urbana na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro e uma área de Mata Atlântica no Parque Estadual da Pedra Branca. Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande. A1 e A3- Cultivo Misto; A2, A14 e A15- Hortas; A4- Caqui; A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A13- Bananal; A12- Mata..... 30
- Figura 18.** Variação do número e da biomassa de minhocas nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro..... 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa da diversidade mundial e nacional e funções ecológicas da mesofauna.....	12
Tabela 2. Localização e Coordenadas geográficas das áreas estudadas. Fonte: O Autor (2023).....	18
Tabela 3. Teores de areia, argila e silte ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) e classificação textural de amostras de terra fina seca ao ar, obtidas nas áreas de agricultura urbana avaliadas.....	22
Tabela 4. Caracterização dos atributos químicos (médias de 3 repetições) por áreas na profundidade de 0 a 10 cm. Fonte: Laboratório de Química Agrícola- Embrapa Agrobiologia- RJ (2022).....	23
Tabela 5. Índices Ecológicos da mesofauna edáfica ⁽¹⁾ nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.....	26
Tabela 6. Número de indivíduos e biomassa de minhocas por metro quadrado e os respectivos erros padrão nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.....	31
Tabela 7. Correlações das diferentes variáveis do solo com os componentes principais 1 e 2, evidenciando em negrito as correlações positivas e negativas superiores a 35%.....	32
Tabela 8. Correlações das diferentes variáveis da paisagem nos buffers de 250 e 500 m com os componentes principais 1 e 2, evidenciando em negrito as correlações positivas e negativas superiores a 35%.....	32
Tabela 9. Correlações dos diferentes grupos da fauna com os eixos da análise NMDS, significância e frequência de ocorrência dos grupos. Em negrito estão destacados os valores significativos e frequências superiores a 45%.....	33
Tabela 10. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Acari no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.....	34
Tabela 11. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Chilopoda no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.....	36
Tabela 12. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Coleoptera no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.....	37
Tabela 13. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Entomobryomorpha no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.....	38
Tabela 14. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Poduromorpha no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.....	40

Tabela 15. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta AICc < 2$) para explicar os níveis de densidade de Oligochaeta (minhocas) no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.	41
Tabela 16. Síntese das variáveis das diferentes escalas que influenciaram na ocorrência e abundância dos grupos da fauna de solo mais relevantes nas diferentes áreas de agricultura urbana estudadas na Zona Oeste do Rio de Janeiro.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Agricultura Urbana como Promotora da Biodiversidade do Solo.....	2
2.2 Agricultura Urbana na Zona Oeste do Rio de Janeiro.....	3
2.3 Cidades como Ambientes para a Fauna do Solo	5
2.4 Fauna do Solo: Aspectos Conceituais e Importância de sua Conservação.....	6
2.5 Funções Ecológicas	7
2.6 Serviços Ecossistêmicos Promovidos pela Biodiversidade do Solo	12
2.7 Fatores que Impactam a Biodiversidade do Solo e Ações Mitigadoras	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Região de Abrangência do Estudo.....	15
3.2 Caracterização das Áreas de Agricultura Urbana do Estudo.....	17
3.3 Avaliação da Mesofauna do Solo	20
3.4 Avaliação dos Atributos Físicos e Químicos do Solo	21
3.5 Classificação Textural do Solo	22
3.6 Biomassa de Minhocas	23
3.7 Índices Ecológicos e Análises Estatísticas Multivariadas	24
4. RESULTADOS	25
4.1 Índices Ecológicos da Mesofauna do Solo	25
4.2 Frequência de Ocorrência dos Grupos da Mesofauna e Composição Relativa	28
4.3 Densidade e Biomassa de Minhocas	30
4.4 Análises Multivariadas	32
5 DISCUSSÃO	43
6 CONCLUSÕES.....	47
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2019) o número de pessoas no mundo, que vive em algum estado de insegurança alimentar, é superior a 2 bilhões, sendo que cerca de 820 milhões convivem com a fome. Com isso, essas populações acabam sofrendo pela falta diária de acessibilidade e disponibilidade de alimentos frescos e nutritivos e que em geral vivem nas áreas urbanas. A prática da agricultura urbana seguindo princípios agroecológicos favorece as comunidades locais tanto no âmbito social como ambiental e pode ser parte da estratégia de solução do problema da fome, promovendo a produção e o abastecimento de alimentos para essas populações urbanas. Ademais, terrenos abandonados nas cidades são, por muitas vezes, ocupados por atividades indesejadas pela população local. A utilização dessas áreas para a atividade agrícola pode gerar um impacto positivo nas comunidades, criando melhores condições ambientais e alimentares que contribuem para a melhora na sua saúde (RIBEIRO; BÓGUS; WATANABE, 2015).

A qualidade do solo está relacionada com fatores edáficos como temperatura, pH, matéria orgânica, umidade, textura e estrutura. Os organismos do solo são usados como bioindicadores do solo, pois são sensíveis ao manejo. Práticas como Adubação Verde, Sistemas Agroflorestais e Plantio Direto promovem a conservação do solo e irão proteger de certa forma a biodiversidade da fauna.

Esta dissertação tem como hipótese que áreas de Agricultura Urbana que utilizam práticas agroecológicas são capazes de promover a conservação da biodiversidade da fauna edáfica em regiões urbanas. Para isso, foram avaliadas comunidades da mesofauna do solo e a ocorrência de minhocas em áreas de cultivos mistos, horticultura e fruticultura, em comparação com uma área de Mata Atlântica no entorno do Parque Estadual da Pedra Branca, na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.

Com isso, o trabalho tem como objetivo correlacionar a ocorrência de invertebrados do solo com atributos do solo e características da paisagem e como esse ambiente tem interferido na conservação da biodiversidade de invertebrados do solo. Este avanço de conhecimento é uma etapa fundamental para o entendimento da contribuição da fauna do solo na provisão de serviços ecossistêmicos em áreas verdes urbanas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura Urbana como Promotora da Biodiversidade do Solo

Gnau (2002), descreve agricultura urbana como a produção de alimentos dentro de um perímetro urbano e periurbano, aplicando métodos intensivos, tendo em conta a inter-relação homem- cultivo- animal- meio ambiente e as facilidades da infraestrutura urbanística que propiciam a estabilidade da força de trabalho e a produção diversificada de cultivos e animais durante todo o ano, baseadas em práticas sustentáveis que permitem a reciclagem de resíduos. Segundo (COMPANIONI et al., 2001), a sustentabilidade da agricultura urbana deve estar vinculada ao manejo agroecológico, que incluiu o uso de substratos e manejo orgânico do solo, técnicas de rotação e associações de cultivos e manejo fitossanitário alternativo ao convencional já utilizado, bem como a utilização de todo espaço disponível para maior produção o ano todo, e integração interdisciplinar e interinstitucional para assessorar a produção.

Para Madaleno (2002), a promoção da agricultura no meio urbano tem contribuído para tornar as cidades mais produtivas e autossuficientes, isto aliado ao apelo ambiental que esta atividade apresenta, resgatando a comunhão do ser humano com a biodiversidade natural e a agricultura, mesmo em tempo parcial.

De acordo com Altieri (1998), a produção sustentável na agroecologia deriva de um equilíbrio entre plantas, solo, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes. Um agroecossistema é produtivo e saudável quando essas condições de crescimento ricas e equilibradas prevalecem, e quando as plantas possuem ou desenvolvem, a partir do manejo, tolerância a estresses e adversidades.

Segundo Aquino e Assis (2007), uma agricultura sustentável com um esforço em práticas agroecológicas pode trazer uma segurança alimentar mais adequada assim como um desenvolvimento mais sustentável daquele ambiente que está sendo utilizado para implementação desse processo de cultivo em áreas urbanas. Com isso, espera-se demonstrar aqui neste trabalho uma relação entre manejo, biodiversidade do solo e práticas agroecológicas correlacionadas a estes ambientes. Ainda de acordo com os autores acima o intenso processo migratório do campo para as cidades, ocasionou um intenso processo de urbanização e uma demanda crescente por melhores oportunidades e melhoria da qualidade de vida, bem como a necessidade alimentar, em adequadas condições, e uma população cada vez mais desvinculada da produção de alimentos.

De acordo com Assis e Romeiro (2002), para o sucesso de sistemas agroecológicos, a primeira preocupação deve ser, na implementação, relacionada ao solo, no que se refere à recuperação e manutenção do seu equilíbrio biológico, pois este influenciará em grande medida suas características físicas e químicas. Portanto, conforme Almeida (1998), há que se desenvolver e aplicar soluções criativas para minimizar o uso de insumos industrializados e maximizar o uso dos recursos naturais, tendo como base a preocupação com o controle da erosão e a conservação da fertilidade e da biota do sistema solo/planta.

A biodiversidade do solo tem um impacto direto em nossa saúde, aumentando o conteúdo de nutrientes de nossos alimentos, protegendo-nos de doenças transmitidas por alimentos e modulando nossa resposta imunológica (FAO et al., 2020).

O cultivo de plantas medicinais em quintais tem sido abordado em diversos estudos que destacam sua importância como alternativa estratégica para o controle e cura de algumas doenças em diferentes culturas (HANAZAKI et al., 1996; SILVA-ALMEIDA; AMOROZO, 1998; AMOROZO, 2002; PILLA et al., 2006; BORGES et al., 2008). O alto custo dos medicamentos e da saúde privada também são fatores que estimulam a produção de plantas com propriedades terapêuticas em quintais urbanos (EICHEMBERG et al., 2009).

Os jovens, por exemplo, que geralmente mostram desinteresse pelos quintais, podem ser ensinados a reconhecer os benefícios potenciais dos quintais e a trabalhar para alcançar esses benefícios. Outra iniciativa poderia ser institucional e governamental, com políticas públicas comprometidas com o incentivo à produção de alimentos em quintais urbanos.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), "os agricultores familiares produzem 80% dos alimentos do mundo e são importantes impulsionadores do desenvolvimento sustentável" (FAO BRASIL, 2020).

Assim sendo, percebe-se que uma agricultura mais sustentável e agroecológica promove além de uma biodiversidade na fauna do solo uma segurança alimentar da população pois os produtos por serem produzidos com maior proximidade do consumidor acaba por diminuir os riscos de contaminação das águas, dos alimentos que serão produzidos e posteriormente consumidos. Agregando também renda a essas famílias mais carentes que por sua vez vivem tanto do consumo quanto da produção dessa agricultura familiar urbana.

Telhados verdes abrigam alto nível de abundância e diversidade de Collembola com forte diferenciação de comunidades entre telhados produtivos e extensivos. Nas cidades, condicionantes específicas como as condições climáticas e o manejo humano de telhados produtivos podem impactar na diversidade florística, além das características do solo (JOIMEL et al., 2019). Correlacionando a agricultura urbana com a biodiversidade do solo, Guilland et al. (2018) explicaram a alta abundância de Collembola nesses telhados verdes, que se dá pela ausência de minhocas e a baixa abundância de macroartrópodes predadores como aranhas ou besouros terrestres. Essas tendências são opostas às observadas para a biomassa molecular microbiana, onde os solos agrícolas apresentaram uma biomassa molecular microbiana menor em comparação com os ambientes naturais (DEQUIEDT et al., 2011). Apesar de sua maior abundância em telhados verdes, vários autores observaram menor diversidade de Collembola em telhados verdes em comparação com outros solos urbanos como parques, jardins residenciais, gramados (JOIMEL et al., 2017; RZESZOWSKI et al., 2017; SANTORUFO et al., 2014) provavelmente devido à fragmentação do habitat.

De acordo com Joimel et al (2022), os telhados verdes fornecem habitats para a biodiversidade em vez de superfícies impermeáveis nas cidades e hospedam nos primeiros anos uma alta abundância de organismos do solo. Mas as características da biodiversidade acima e abaixo do solo variam nos diferentes tipos de telhados verdes correspondentes a diferentes solos com características próprias, dependendo das condições severas nos extensivos e das intervenções humanas nos produtivos.

2.2 Agricultura Urbana na Zona Oeste do Rio de Janeiro

Almeida (2004) relata que na cidade do Rio de Janeiro (RJ), mesmo com sua minúscula expressão em termos espaciais, os quintais domésticos representam verdadeiros redutos para o exercício de práticas de produção alimentar ainda bastante presentes nas referências culturais de sua população conforme demonstrou o diagnóstico participativo realizado no loteamento Ana Gonzaga, sob coordenação de uma ONG (Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa – AS- PTA).

A Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, desde 1999, promove o Programa de Agricultura Urbana na Zona Oeste do Rio de Janeiro e outras cidades da baixada. Essa região é conhecida por vários problemas sociais e econômicos gerados, principalmente, pela falta de políticas públicas adequadas. Esse programa estimula o fortalecimento de práticas agrícolas em espaços urbanos dessas comunidades de periferia, cultivando alimento e criação de animais com uma base agroecológica para incentivar o aumento da agricultura para gerar renda para essas famílias assim como segurança alimentar para a população das regiões mais próximas.

Outra iniciativa de organização social importante é a Rede Carioca de Agricultura Urbana, ou Rede CAU, movimento social que agrupa pessoas e organizações para a defesa da agroecologia nas cidades e tem forte atuação na Zona Oeste do Rio de Janeiro.

Não é por acaso que a Zona Oeste seja o principal reduto de agricultura urbana na cidade do Rio de Janeiro. É na verdade o remanescente de uma forte atividade agrícola que remonta há alguns séculos e vem gradativamente se reduzindo em função da crescente urbanização da região.

No início do século XX até meados dos anos 40, Campo Grande e outros bairros da Zona Oeste do Rio de Janeiro foram grandes produtores de laranja, até então eram conhecidos por “Citrolândia” (SILVA e GAMARSKI, 2010). A instalação de uma linha férrea entre os bairros de Guaratiba e Campo Grande acabou por promover o escoamento dessa produção agrícola a princípio de laranja. Após a Segunda Guerra mundial houve um enfraquecimento nesse mercado, mas a região já era conhecida como produtora rural de frutas. De acordo com Silva (2017) a Área de planejamento 4 foi construída e está associada ao futuro da expansão da cidade, já a Área de Planejamento 5 está associada ao atraso e a pobreza.

Rio da Prata que é uma localidade de Campo Grande e que compõe a região administrativa pertencente à Área de Planejamento 5 e Vargem Grande, que pertence à Área de Planejamento 4, conforme planejamento feito pela Prefeitura do Rio de Janeiro (2020). As duas localidades encontram-se na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, RJ e encontram-se no entorno do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) (Figura 1).



Figura 1. Localização geográfica do bairro Vargem Grande, pertencente à Área de Planejamento 4, localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, RJ. Fonte: Google Earth (2021)

O PEPB abriga três das cinco comunidades quilombolas do município do Rio de Janeiro, reconhecidas pela Fundação Cultural Palmares, instituição pública que tem como competência a emissão de certidão às comunidades quilombolas e sua inscrição em cadastro geral nacional.

Os quilombos Dona Bilina, Camorim e o Cafundá-Astrogilda, situam-se em vertentes distintas dentro do PEPB, sendo o primeiro mencionado localizado na vertente do Rio da Prata no bairro de Campo Grande; o quilombo Camorim, localizado no sub-bairro de mesmo nome, em Jacarepaguá e o Cafundá-Astrogilda, no bairro de Vargem Grande. No caso dos grupos quilombolas do Maciço da Pedra Branca, a relação com a floresta é marcada pela interação com

a terra mediada pela prática agrícola construída através dos vários ciclos econômicos de produção e que se mantém até os dias de hoje com a produção de caqui, banana e hortaliças, dentre outros. Usam práticas seculares como a rotação ou consórcio de culturas, cultivam dentro da floresta ou plantam árvores dentro das suas hortas (sistemas agroflorestais), praticamente não usam agrotóxicos e fertilizantes minerais. Abaixo na figura 2 vemos um resumo das atividades que são exercidas no maciço Pedra Branca.



Figura 2. Resumo da importância das atividades socioeconômicas e ambientais promovidas no Maciço da Pedra Branca. Fonte: Balieiro, et al (2023).

Dessa forma, entende-se que a agricultura urbana praticada na Zona Oeste do Rio de Janeiro é predominantemente agroecológica, está fortemente vinculada a aspectos culturais das comunidades tradicionais ocupantes deste território e feita em associação com a floresta.

2.3 Cidades como Ambientes para a Fauna do Solo

O processo de urbanização não favorece a biodiversidade do solo, pois grande parte da superfície do solo encontra-se impermeabilizada pela infraestrutura urbana. As áreas com solo disponível para a colonização feita pelos organismos do solo se limitam a parques, jardins, quintais e áreas de agricultura urbana. Na maior parte dos casos, os ecossistemas urbanos são construídos pelo Homem e não representam os ecossistemas naturais. No entanto, quando essas áreas verdes abrigam remanescentes de ecossistemas naturais, manejados ou não pelas populações humanas do entorno, essas áreas podem conter uma parcela importante da biodiversidade do solo (ANGOLD et al, 2006).

Zhukov et al. (2022), reforçam que os parques urbanos auxiliam nas funções dos ecossistemas, diminuem os impactos dos fatores antropogênicos nas cidades e favorecem a dinâmica desses espaços. Isso tudo acaba por promover também a biodiversidade da fauna no solo desses locais.

Meyer et al (2020) mostraram que a urbanização e o tamanho da floresta impactaram a fauna de serrapilheira e o serviço ecossistêmico vital associado à decomposição de serrapilheira de várias formas. Houve diferentes respostas de ácaros e colêmbolos ao grau de urbanização. Mesmo que algumas espécies de colêmbolos frequentemente registradas tenham sido positivamente afetadas pela urbanização, a composição de espécies da comunidade de colêmbolos não foi influenciada pelo grau de urbanização nem pelo tamanho da floresta. Os

resultados confirmaram achados de outros estudos de que as respostas da serrapilheira e da fauna do solo dependem do tipo de habitat, das condições microclimáticas locais associadas, da pressão antrópica e das características das espécies.

A falta de políticas de ordenação para o crescimento das cidades tem contribuído para a degradação da qualidade ambiental e de vida da população, principalmente naquelas onde a aglomeração humana e de atividades já assumiu certo porte. Segundo Morero et al (2007):

[...] apesar do conhecimento acadêmico da importância das áreas verdes urbanas, há uma tendência de se “economizar espaços para o lazer”, principalmente nas zonas urbanas mais pobres e, como consequência, pode-se causar a deterioração da qualidade de vida dos habitantes.

Mendonça (1994) salienta que, a falta de planejamento na orientação do desenvolvimento das cidades no Brasil gerou ambientes urbanos com elevados níveis de degradação, não somente porque o planejamento urbano não consegue alcançar o rápido processo de urbanização, mas também porque se observa um desinteresse político para a criação e implementação de mecanismos de combate ao declínio da qualidade de vida no ambiente urbano.

2.4 Fauna do Solo: Aspectos Conceituais e Importância de sua Conservação

Os invertebrados do solo são extremamente diversos. Estimativas recentes, mostram que a fauna do solo pode representar até 23% da diversidade total de organismos vivos descritos até o momento. Seu tamanho varia em três ordens de grandeza. Os menores, Nematoides e Protozoários (protistas), pertencem à microfauna, com menos de 200 micrômetros em média vivem na porosidade cheia de água. Microartrópodes, Enchytraeidae e os demais grupos da mesofauna (0,2–2 mm) vivem na porosidade do solo preenchida com ar. Os maiores artrópodes, Mollusca, Annelida e Crustacea constituem a macrofauna que vive na serrapilheira superficial ou em ninhos e tocas que criam no solo (LAVELLE et al., 2006).

De acordo com o Global Soil Biodiversity Atlas (2016) outra abordagem comum para classificar os organismos envolve o uso de sua largura corporal para identificar quatro agrupamentos amplos: microfauna (menos de 0,1 mm), mesofauna (0,1 a 2 mm), macrofauna (2 a 20 mm) e megaфаuna (maior que 20 milímetros). A largura do corpo parece ser uma classificação mais consistente do que o comprimento do corpo, que apresenta maior variabilidade mesmo entre representantes do mesmo grupo. Apenas recentemente, foi sugerida uma classificação abrangente mais detalhada que fundiu as classificações específicas de grupos existentes usando uma abordagem taxonômica e característica híbrida (POTAPOV et al., 2022a).

A Mesofauna inclui os grupos: Acari, Araneae, Chilopoda, Collembola, Diplopoda, Diplura, Diptera, Enchytraeidae, Hymenoptera, Isoptera, Mollusca, Formicidae, Protura e Symphyla, podendo incluir alguns organismos menores da ordem Coleoptera (ROSSI et al., 2009; MORAIS et al., 2013). A figura 3 mostra o sistema de classificação da fauna de acordo com o tamanho.

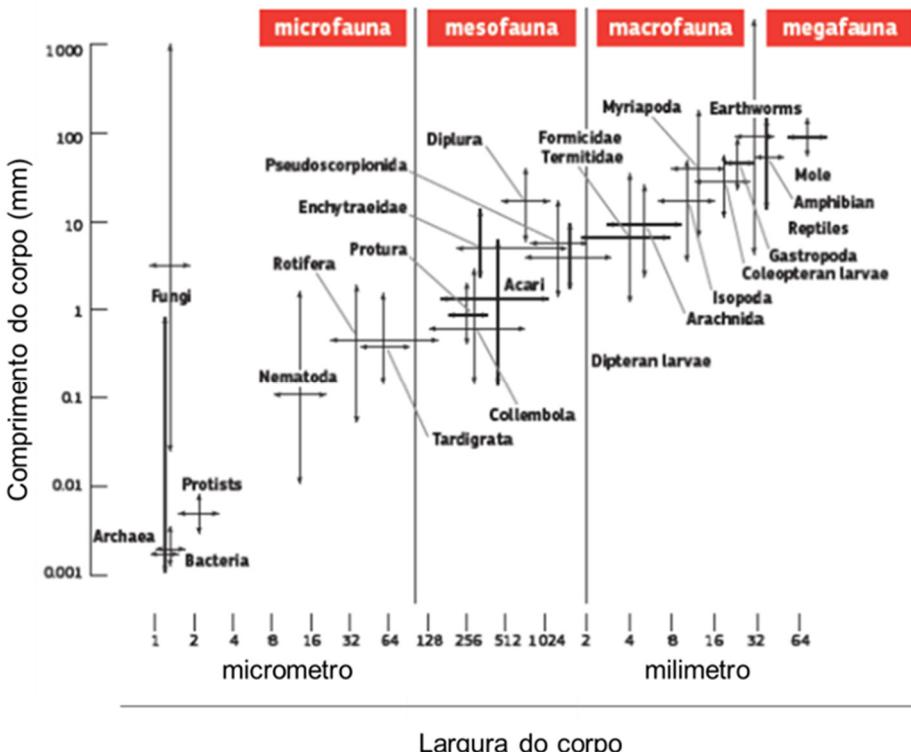


Figura 3. Classificação da fauna do solo por tamanho. Fonte: Global Soil Biodiversity Atlas (2016)

A macrofauna inclui os organismos como os cupins, formigas, minhocas, besouros, taturinhos, aranhas, centopeias, piolhos- de -cobra, baratas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, percevejos, cigarras, larvas de mosca. A mesofauna e macrofauna do solo desenvolvem principalmente funções detritívoras e predatórias nas teias tróficas de detritos de serrapilheira e no solo. Essas funções podem estar associadas aos processos de ciclagem de nutrientes, revolvimento do solo, incorporação de matéria orgânica e controle biológico de pragas (KORASAKY et al., 2017).

A fauna edáfica inclui os organismos que vivem no solo ou na serrapilheira em uma parte do seu ciclo de vida. Podem ser classificados segundo sua função no solo em quatro grupos:

- Predadores e parasitas, que se alimentam de outros animais e micro-organismos
- Detritívoros e decompositores, que desintegram a serrapilheira e se alimentam de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição.
- Geófagos e bioturbadores que comem ou transportam solo, afetando sua estrutura e propriedades físicas.
- Os fitófagos e pragas que se alimentam de plantas (BROWN et al., 2001).

A sua atividade no solo e na serrapilheira contribui para a provisão de vários serviços ecossistêmicos e a qualidade do solo tais como: decomposição, ciclagem de nutrientes, emissão de gases de efeito estufa, sequestro de carbono no solo, produtividade primária, dispersão de sementes, infiltração da água e sua disponibilidade no perfil (BROWN et al., 2015).

2.5 Funções Ecológicas

De acordo com Socarrás (2013) os Acari contribuem para o ciclo do carbono e do nitrogênio e estão presentes onde há disponibilidade e qualidade da matéria orgânica.

Geralmente são encontrados em ambientes altamente perturbados como cidades e áreas industriais. Dominam em abundância e diversidade com mais de 1000 espécies conhecidas no Brasil. Agem como predadores e detritívoros, controlando as populações de outros organismos. Muitos desses grupos são bioindicadores da estabilidade e fertilidade do solo (GARCÍA-ÁLVAREZ & BELLO, 2004). Dentre eles, destacam-se os ácaros e os colêmbolos, por serem os principais representantes desse tipo de fauna e por apresentarem melhores condições de serem utilizados para esse fim. Bem como considerar, integralmente, o funcionamento do ecossistema, de forma que a relação solo-planta seja o elo básico para a manutenção dos demais componentes do sistema e, por sua vez, permita avaliar sua influência na manutenção da fertilidade e conservação do solo.

Esses grupos apresentam hábitos alimentares extremamente diversos. Assim, de acordo com suas principais categorias alimentares, podem ser: herbívoros, detritívoros, predadores (carnívoros) e fungívoros. Os ácaros são bons indicadores da natureza do grau de conservação dos ecossistemas tanto quanto da perturbação do ecossistema tendo em vista sua abundância e diversidade.

- Oribatídeos: decompositores de matéria orgânica (restos de animais e plantas). São sensíveis ao teor de matéria orgânica, umidade, pH, práticas agrícolas e inseticidas.
- Urodídeos: Saprófagos. Presentes em ambientes com alto valor de matéria orgânica, áreas de compostagem e decomposição de troncos.
- Astigmas: Fungívoros, preferem solos perturbados e com condições desfavoráveis.
- Gamasinos: Predadores, atuam no controle de nematóides, são mais abundantes em solos menos perturbados e tem relação com a precipitação e umidade.
- Prostigmato: Predadores, dominantes em solos pobres e com baixo carbonato de cálcio, baixa umidade.

Já os Colêmbolos (*Collembola*) pertencem ao filo Arthropoda, Classe Entognatha, e, junto com os Insecta, formam o subfilo Hexapoda. Apresentam quatro ordens: Entomobryomorpha, Poduromorpha, Symphyleona e Neelipleona. Os Entomobryomorpha e Simphyleona são epiedáficos, vivem em lixo superficial e vegetação emergente, são rápidos e bons saltadores. Já os lentos Poduromorpha e Neelipleona são principalmente habitantes do solo, ou seja, são edáficos. Se alimentam de hifas de fungos, bactérias e material vegetal em decomposição. Algumas espécies predadoras se alimentam de nematóides. São tão abundantes e diversos quanto os ácaros e possuem importante função detritívora, contribuindo para a decomposição de matéria orgânica e o controle de populações de micro-organismos, principalmente fungos. Trituram restos vegetais para a formação de húmus (MATEOS, 1992).

Joimel et al. (2022) descrevem, em áreas urbanas, uma dispersão melhor de colêmbolos que de minhocas, além de corroborar com outros estudos, no que diz respeito as interações biológicas deles nos ecossistemas, sendo detectada uma maior variabilidade de plantas em ambientes urbanos onde eles estavam mais presentes, provavelmente devido a microambientes que essas plantas proporcionam a reprodução deles.

Os colêmbolos são fundamentais na cadeia alimentar do solo (POTAPOV et al., 2020a). Esses pequenos, mas numerosos hexápodes se alimentam principalmente de detritos e micro-organismos, especialmente fungos, e, portanto, têm efeitos diretos e indiretos no carbono do solo (C) e na dinâmica de nutrientes (RUSEK, 1998; POTAPOV et al., 2020a).

No estudo de Pompermaier et al. (2022) percebeu-se que a estrutura de nicho trófico das comunidades de colêmbolos da savana se assemelha à das florestas temperadas e tropicais. Mudanças na estrutura trófica desses microartrópodes podem estar associadas às mudanças na canalização de energia através da teia alimentar e funcionamento do solo.

Ao contrário das expectativas, as entradas de N na savana florestal tiveram o impacto mais forte na estrutura do nicho trófico de Collembola, já que a adição de N afetou tanto a diversidade de recursos basais disponíveis quanto as distribuições de abundância dos grupos tróficos. No entanto, efeitos associados ao aporte de N + P e calagem resultaram no deslocamento do nicho trófico da comunidade Collembola. De acordo com esse estudo as interações tróficas da comunidade Collembola podem ser comprometidas através de mudanças na disponibilidade de recursos básicos.

Diplura são detritívoros que vivem debaixo de troncos, pedras, serrapilheira, dependem da umidade constante do solo. São pequenos hexápodes sem asas, com corpo com comprimento variando de 0,3 a 1 cm, embora a maior espécie pode ter mais de 2 cm. Têm um estreito e alongado corpo, e são geralmente brancos ou incolores. Não têm olhos nem asas. A fertilização é semelhante à encontrada em proturas e colêmbolos, os machos produzem e depositam um grande número de espermatóforos, cápsulas contendo espermatozoides, no substrato que são então recolhidos por uma fêmea. As fêmeas põem ovos em grupos nas cavidades do solo ou vegetação em decomposição. Algumas espécies verificam os ovos e as larvas. Diplura são conhecidos por serem capazes de regenerar parte do corpo perdido, como pernas, antenas (EUROPEAN ATLAS OF SOIL BIODIVERSITY, 2016).

Os Protura não possuem antenas nem olhos. Vivem em solos úmidos, pastagens e solos agrícolas. Sua reprodução se dá através da fertilização indireta e não costumam ser encontrados em solos muito ácidos. Ajudam a quebrar matéria orgânica e são ausentes em solos perturbados e ou degradados. São pequenos hexápodes primitivos que habitam o solo (variando em tamanho de 0,5 e 2,5 mm). A reprodução ocorre com fertilização indireta: os machos depositam pacotes de esperma (espermatóforos) e as fêmeas coletam os espermatóforos (EUROPEAN ATLAS OF SOIL BIODIVERSITY, 2016).

Os miríápodes são moradores do solo e da serrapilheira. Podem ser encontrados em camadas profundas e rasas do solo, gostam de alta umidade, temperaturas estáveis. Geralmente são encontrados sob pedras, troncos, cascas, no lixo, em cavidades de árvores e tocos. São encontrados em quase todos os habitats terrestres de profundidade. (EUROPEAN ATLAS OF SOIL BIODIVERSITY, 2016).

Os Chilopoda são velozes predadores, se alimentam de pequenos invertebrados. Já Diplopoda são um pouco mais lentos e cavam através do solo e da serrapilheira para consumir restos de plantas, convertendo em húmus. Em ambientes tropicais, onde há escassez de minhocas, eles podem ser os principais agentes modificadores do solo (EUROPEAN ATLAS OF SOIL BIODIVERSITY, 2016).

Os Isopoda preferem de ambientes úmidos, pois perdem água com facilidade. São importantes na ciclagem de nutrientes, alimentando-se de matéria orgânica em decomposição e de plantas. São de uma ordem de crustáceos e podem medir até 2 mm. Os que são terrestres ocupam essencialmente todos os habitats terrestres, desde o supralitoral (costa de um lago, mar ou oceano) até as altas regiões alpinas, dos trópicos às zonas temperadas frias, das zonas úmidas aos desertos. Eles são animais crepusculares ou noturnos e passam o dia principalmente escondido debaixo de pedras, madeira grossa ou casca solta, ou em fendas, onde podem ser facilmente capturados. Em seu intestino, os isópodes podem também desenvolver relações simbióticas com bactérias, e alguma parte da digestão da celulose parece ser facilitada por enzimas endógenas (celulases). Os simbiontes bacterianos intestinais vivem protegidos dentro das glândulas digestivas, o que lhes permite sobreviver com dietas pobres em nutrientes que são difíceis de digerir (EUROPEAN ATLAS OF SOIL BIODIVERSITY, 2016). São indicadores da presença de metais pesados no solo, pois podem tolerar e bioacumular grande quantidade desses metais, sendo importantes para o monitoramento ambiental. Contribuem também com o processo de aeração ao cavar túneis e conservação da umidade através das suas fezes que se tornam micro esponjas.

Os cupins, as formigas, as minhocas e os besouros atuam como detritívoros quebrando material vegetal em frações menores, facilitando a ação decompositora de micro-organismos, e também agem na formação e estruturação do solo, constituindo um grupo funcional conhecido como engenheiros do solo e/ou engenheiros do ecossistema (KORASAKY et al., 2017).

Os Formicidae redistribuem recursos no solo como a matéria orgânica, protegem algumas espécies vegetais, cavam túneis fazendo o retrabalho do solo e produzem detritos orgânicos. São mais de 2000 espécies no Brasil e atuam como predadores e cultivadores de fungos (saúvas), detritívoros e fitófagos. Não ingerem solo, mas o transportam com as mandíbulas na construção de seus ninhos. São dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres, com isso são capazes de colonizar ambientes com poucos recursos. Dentre suas funções destaca-se a dispersão de sementes, predação, herbivoria, ciclagem de nutrientes, estruturação física e química do solo, proteção de plantas contra herbívoros, além de sua interação com outros grupos de organismos. Promovem o revolvimento do solo ao fazerem seus ninhos, incorporam matéria orgânica ao solo quando se alimentam. Isso aumenta a porosidade e drenagem reduzindo a densidade do solo e aumentando o teor de matéria orgânica, o que favorece o crescimento de plantas. O tipo de solo também pode influenciar o comportamento de nidificação das formigas, um exemplo disso é que as saúvas escolhem solos pobres em calcário para fazer suas colônias pois a acidez favorece o fungo simbionte dessas formigas. Por sua dominância no ecossistema são utilizadas como bioindicadoras das condições de preservação, degradação ou de recuperação ambiental (KORASAKY et al., 2017).

Os Isoptera alimentam-se de material celulósico acelerando a decomposição e reciclagem de nutrientes minerais, retidos na matéria vegetal morta. Ao contrário das formigas eles sim ingerem solo. Eles constroem uma imensa rede de ninhos em busca de alimento, proteção e controle ambiental. Com isso, formam agregados, aumentam a porosidade, aeração, infiltração e drenagem no solo. Podem fazer simbiose com bactérias fixadores de N, o que ajuda na compensação do consumo de Carbono, ou seja da relação de C/N na sua dieta. Devido a sua importância como pragas de madeira e de outros materiais com celulose eles são bem estudados. Os coleópteros participam do processo de decomposição, são predadores de minhocas, colêmbolos e nematoides, fungos e madeira morta. São a maior ordem de insetos, são rizófagos, detritívoros, fungívoros, predadores. Um exemplo de sua importância são os besouros rola bosta que têm o hábito de retirar porções de excremento e moldar em forma de bola e vão transportando sobre o solo enquanto outros grupos cavam por baixo dessa fonte de excremento e levam essas porções a profundidade dentro do solo, o que acarreta na incorporação de matéria orgânica no solo. São também escavadores e dispersores de sementes. (KORASAKY et al., 2017). Ainda de acordo com Korasaky et al. (2017), os Oligochaeta apresentam efeitos benéficos sobre a fertilidade do solo pois misturam ao solo seus coprólitos (dejetos), além da construção de túneis.

São importantes pois alguns autores verificaram que densidade e a biomassa de minhocas podem estar relacionada a efeitos físicos cumulativos de alimentação e escavação que pode afetar a estrutura e hidrologia do solo. Aumentam a aeração, infiltração de água no solo, menor escorrimento superficial de água, diminuindo a erosão. Incorporação da matéria orgânica, auxílio na ciclagem de nutrientes, controle de parasitas, dispersão de sementes. Geralmente a taxa de infiltração está relacionada com a biomassa de minhocas. Além das condições antrópicas, as condições biológicas e climáticas influenciam diretamente a diversidade quanto a abundância das minhocas. O manejo do solo e sua cobertura vegetal são determinantes para a existência das comunidades de minhocas em um determinado local (Brown e Dominguez, 2010). Por serem seres sensíveis a fatores bióticos e abióticos, têm sido amplamente usadas como bioindicadores ambientais e da qualidade do solo (BROWN & DOMINGUEZ, 2010).

As minhocas representam algumas famílias de oligoquetos terrestres muito reconhecidos pelos benefícios que promovem nas características do solo, tais como a transformação da matéria orgânica, a construção de galerias e deposição de coprólitos que interferem diretamente na agregação do solo e indiretamente na sua dinâmica hídrica. As minhocas são o grupo da macrofauna do solo mais bem conhecido e manejado, ocorrendo também com frequência em áreas de agricultura com manejo mais sustentável. No senso comum se associa a ocorrência de minhocas a solos saudáveis, o que faz com que estes organismos sejam tanto indicadores de qualidade do solo, mas também ferramentas no diálogo e extensão rural. Como engenheiros do ecossistema têm grande capacidade de modificar características físicas do solo. Com relação a sua função ecológica podem ser de três tipos:

- Epigeica-vivem na serrapilheira, fragmentando-a, não constroem túneis, auxiliam na decomposição.
- Anécicas- vivem em túneis permanentes verticais que servem para escoamento de água, troca de gases e oxigênio entre raízes e atmosfera, o que favorece o crescimento das plantas.
- Endogeicas -se alimentam de partículas orgânicas encontradas no solo.

Abaixo na figura 4 vemos alguns exemplos da diversidade da fauna do solo, citados anteriormente e na tabela 1 uma estimativa da diversidade mundial e das funções ecológicas de alguns grupos da mesofauna

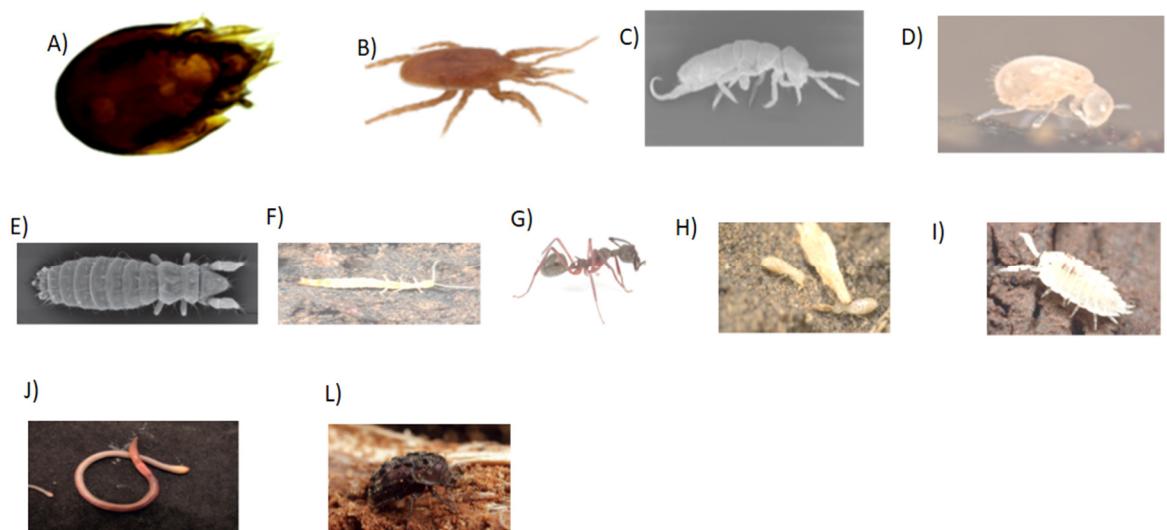


Figura 4. Exemplos de organismos da mesofauna do solo. A e B) Ácaros, C e D) Colêmbolos E) Protura F) Diplura G) Formicidae H) Térmitas I) Isópoda J) Oligoqueta L) Coleópteros.
Fonte: European Atlas Of Soil Biodiversity (2016).

Tabela 1. Estimativa da diversidade mundial e nacional e funções ecológicas da mesofauna.

Nomes da Fauna	Número de espécies no Brasil	Espécies no mundo	Funções Ecológicas
Diplura	Não avaliados	659	Predadores
Acari	1500	45000	Predadores, Hematófagos, Detritívoros
Collembola	>100	3235	Predadores
Sympyla	Não avaliados	200	Predadores
Formicidae	2750	11826	Predadores, Detritívoros, Onívoros, Fitófagos, Fungívoros
Coleoptera	30000	350000	Predadores, Detritívoros, Onívoros, Fitófagos, Rizófagos
Chilopoda	150	2500	Predadores
Diplopoda	Não avaliados	10000	Detritívoros, Fitófagos
Araneae	2587	38884	Predadores
Isoptera	290 (600)	2800	Detritívoros, Fitófagos, Fungívoros, Rizófagos, Humívoros, Xilófagos
Isopoda	135	4250	Detritívoros

Fonte: adaptada de Zanetti et al. (2009).

2.6 Serviços Ecossistêmicos Promovidos pela Biodiversidade do Solo

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que pessoas obtêm dos ecossistemas. Podem ser classificados em: serviços de provisão, de suporte, culturais e reguladores. Os organismos da fauna contribuem para uma ampla gama de serviços essenciais para o funcionamento de todos os ecossistemas. Impulsionam a ciclagem de nutrientes, purificação da água, regulando a dinâmica da estrutura e matéria orgânica do solo, o sequestro de carbono do solo e as emissões de gases de efeito estufa (ZHANG et al 2007).

De acordo com (ADHIKARI E HARTEMINK, 2016) os serviços ecossistêmicos do solo dependem das propriedades do solo e sua interação, e são influenciados principalmente por seu uso e manejo. De acordo com os autores, os solos são um sistema complexo e estão tão intimamente incorporados aos processos ecossistêmicos. É necessária uma abordagem holística para entender o processo ecossistêmico e os serviços que ele oferece à sociedade.

Um exemplo de serviço ecossistêmico na agricultura fornecido pela fauna do solo é a formação de agregados do solo e matéria orgânica, por ação de minhocas e que contribuem para a estrutura do solo. A ciclagem de nutrientes por sua vez mantém a fertilidade do solo. Bactérias, fungos e actinomicetos são mediadores críticos deste serviço ecossistêmico pois as bactérias aumentam a disponibilidade de N no solo. As minhocas são organismos da macrofauna que tem impacto sobre a dinâmica da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes. Elas atuam nos processos de suporte de formação do solo; esses processos alteram as propriedades do solo e, portanto, a provisão dos serviços ecossistêmicos. As minhocas também atuam nos processos de decomposição, formação de agregados e na manutenção da porosidade do solo (ANDREA et al., 2017; SCHON & DOMINATI, 2020)

Os insetos fornecem serviços ecossistêmicos fundamentais para a agricultura como o enterro de esterco, controle de pragas e polinização. Os besouros da família Scarabaeidae

decompõem resíduos gerados por animais de grande porte, reciclando o nitrogênio, melhorando a palatabilidade da forragem e reduzindo o habitat de pragas (KORASAKY, 2017).

Outro serviço ecossistêmico de grande relevância e fornecido por alguns grupos da fauna de solo é o controle de pragas de culturas agrícolas. Aranhas, ácaros e algumas vespas que nidificam no solo atuam como inimigos naturais de diversas pragas. A curto prazo suprime os danos das pragas e melhora o rendimento e a longo prazo mantém equilíbrio ecológico e evita que herbívoros se tornem pragas (PARRON et al., 2015).

Alguns serviços ecossistêmicos sustentam a vida no planeta como a formação do solo, ciclagem de nutrientes, controle de enchentes, polinização entre outros. Outros serviços ecossistêmicos são derivados de benefícios da regulação dos processos dos ecossistemas como a regulação do clima, controle de doenças, reciclagem do esterco. Existem também os chamados por serviços culturais que incluem a recreação, uso estético e cultural propriamente dito. A perda da biodiversidade é uma ameaça potencial para os serviços ecossistêmicos (PARRON et al., 2015).

Estima -se que a contribuição da biota global do solo para os serviços ecossistêmicos varie de 1, 5 a 13 trilhões de dólares americanos anualmente (WALL & NIELSEN, 2012). Com isso, percebe- se a devida importância que precise ser dada à biota do solo. Alguns autores como Baquerizo et al. (2020) demonstram evidências experimentais que mostram que a biodiversidade do solo aumenta a capacidade dos ecossistemas de manter a multifuncionalidade e que a biodiversidade do solo tem correlação com as plantas locais. Essa pesquisa forneceu evidências de que o nível de conectividade dos táxons na cadeia alimentar do solo influencia fortemente a multifuncionalidade do ecossistema. Conclui-se então que a biodiversidade do solo está relacionada e é muito importante para manter as funções do ecossistema.

A decomposição é um dos principais serviços prestados pela fauna do solo, impulsionada pela composição da serrapilheira e pela composição da comunidade de decompositores (MEYER et al., 2020). A urbanização pode transformar a fauna do solo, aumentando a abundância de alguns grupos, diminuindo a riqueza de espécies de outros grupos ou alterando a qualidade da serrapilheira (MEYER et al., 2020; NIKULA et al., 2010; TRESCH et al., 2019).

Segundo Huang (2020) a capacidade do ecossistema do solo de decompor a matéria orgânica, liberar nutrientes, sequestrar carbono, aumentar as taxas de infiltração e outras funções depende da diversidade e atividade da biota do solo, desde os micro-organismos até a macrofauna.

2.7 Fatores que Impactam a Biodiversidade do Solo e Ações Mitigadoras

No ano de 2021, no encontro global de biodiversidade do solo observou- se a necessidade da correlação entre a microfauna até a macro e ou megafauna, implantação de novas tecnologias, mapeando a biodiversidade de solos. Técnicas de biorremediação, restauração e o microbioma dos solos são utilizadas para remediar o esgotamento de muitos desses solos, comprometidos.

No compartimento serrapilheira/solo, os organismos da fauna de solo participam de processos fundamentais para a manutenção da vida no planeta, como a decomposição da matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes, estruturação do solo, dentre outros (HOFFMAN et al., 2009).

A maior concentração desses organismos encontra- se na camada superficial de 0- 10 cm de profundidade. Segundo Baretta et al (2006), essa camada é a mais afetada pelas práticas de manejo como preparo do solo, adubação e decomposição de resíduos orgânicos. Além do desmatamento e ou conversão para pastagens e lavouras.

De acordo com Martins et al (2021), a precipitação pluviométrica interfere diretamente na abundância de indivíduos da macrofauna edáfica. Práticas de manejo de agricultura interferem no comportamento da fauna do solo; ambientes mais conservacionistas propiciam uma conservação nos organismos edáficos que se tornam bons bioindicadores da qualidade do solo. Como exemplo, pode-se citar o plantio direto, que, de acordo com Alves et al (2006), apresenta maior frequência relativa de ácaros edáficos, em relação ao plantio convencional.

De acordo com Cincotta, Wisnewski, & Engelman (2000), cidades que geralmente são estabelecidas em ou perto *hotspots* de biodiversidade têm mais espécies em comparação com seus arredores rurais. Na Alemanha, Kühn et al. (2004) mostraram que cidades estabelecidas em áreas de alta diversidade geológica e em *hotspots* de biodiversidade também mostram alta diversidade de plantas.

O modelo de guildas proposto por Lavelle et al. (2006) representado na figura 5 aborda que um conjunto de espécies pode vir a desempenhar funções semelhantes, partilhar recursos de um mesmo ecossistema e em um determinado momento param de competir e começam a partilhar recursos.

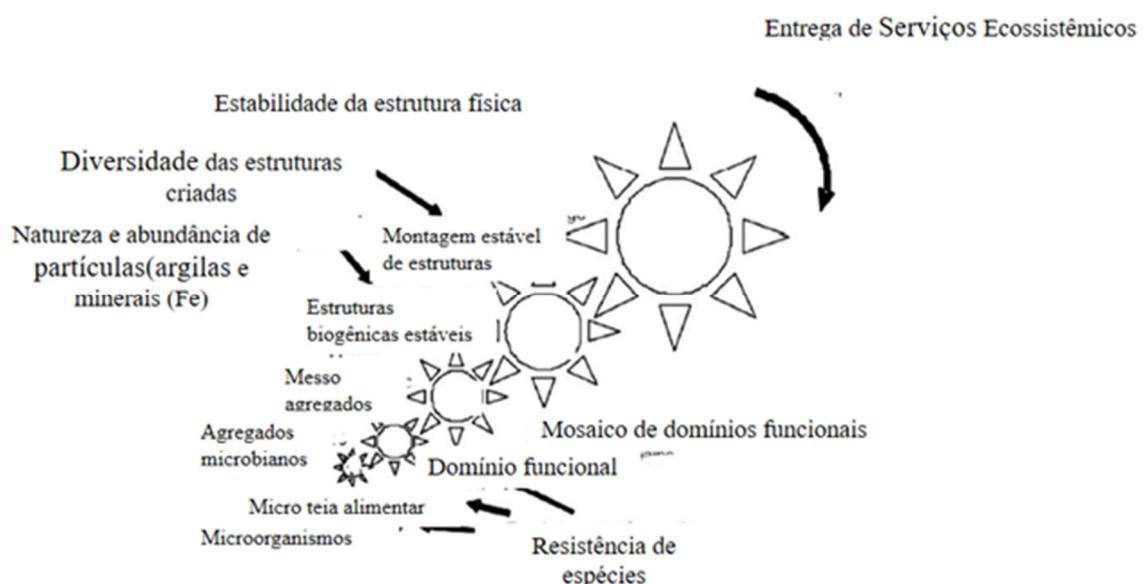


Figura 5. Modelo de guildas proposto por Lavelle et al (2006), em que ao se aumentar o tamanho dos organismos associados às diferentes guildas, aumenta-se a escala dos efeitos sobre a agregação e estrutura do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Região de Abrangência do Estudo

O Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) está localizado na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro e ocupa cerca de 10% do território, com aproximadamente 12.393,84 ha de superfície, perímetro de 217 km, e abrange todas as áreas acima da cota 100 metros. É a maior unidade de conservação do município, e foi estabelecido pela lei Estadual nº 2.377 de 1974. Situa-se entre as coordenadas 23° 52' e 23° 04' S e 43°23' e 43° 32' W e representa um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica (Figura 6). É reconhecido como uma das maiores florestas urbanas do mundo e a maior do Brasil, o que já denota sua importância histórica, sociocultural, que remonta o chamado Sertão Carioca (CORRÊA, 1936), seu papel na conservação da biodiversidade e no equilíbrio hídrico e climático da cidade do Rio de Janeiro (INEA, 2013).

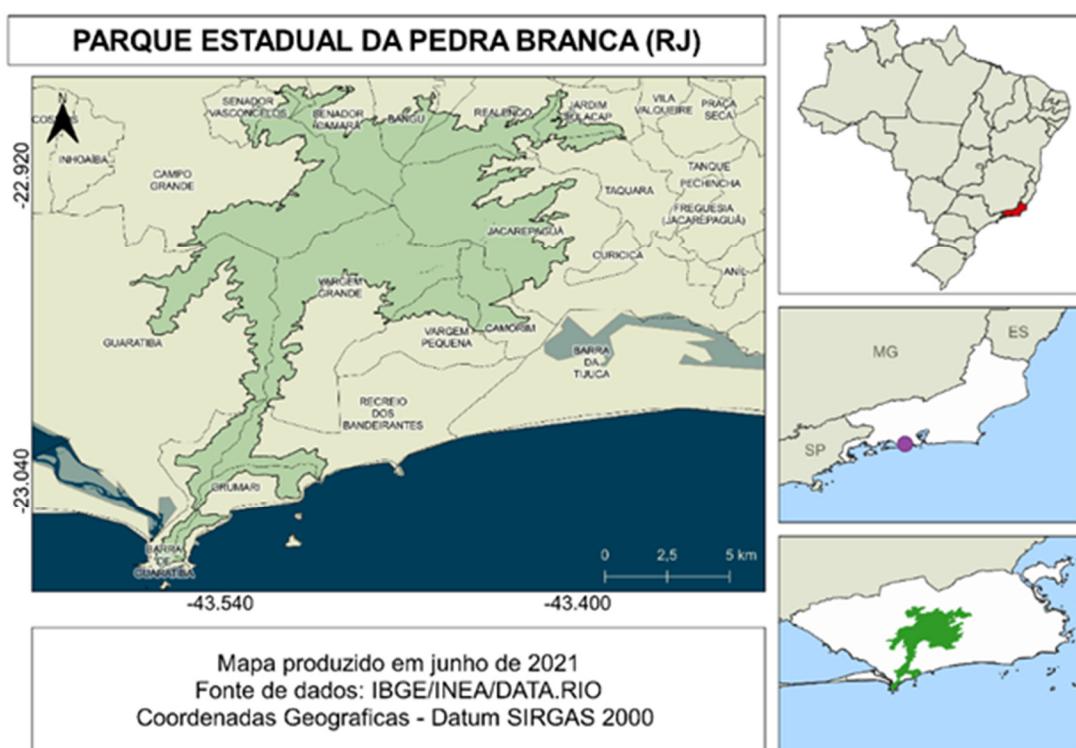


Figura 6. Mapa de situação do Parque Estadual da Pedra Branca. Fonte: IBGE/INEA/DATA.RIO (JUNHO 2021)

O clima é tropical úmido sem estação seca e enquadra-se no tipo climático Af de Köppen, sub úmido, megatérmico, com pouco ou nenhum déficit hídrico e calor uniformemente distribuído ao longo do ano, sendo julho-agosto o período mais seco. A precipitação pluviométrica máxima ocorre nos meses de dezembro a março e a mínima de junho a agosto, com pluviosidade variando de 1500 a 2500 mm anuais. Temperatura média anual 26°C (PENNA-FIRME, 2003; INEA, 2013). Nas vertentes de relevo forte ondulado, predominantemente na vertente oeste, (Campo Grande, Bangu e Realengo) estão presentes solos das classes dos Argissolo Vermelho-Amarelos (EMBRAPA, 2004; INEA, 2013) (Figura 7).

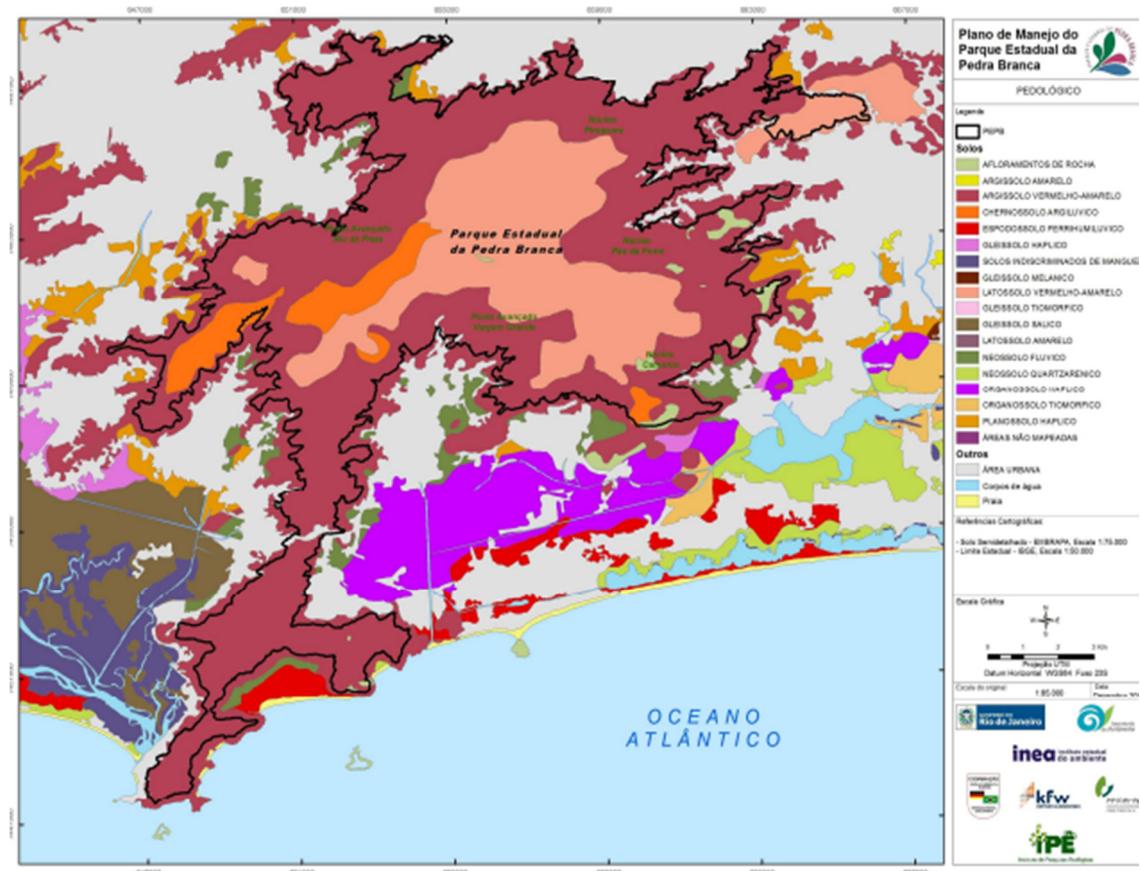


Figura 7. Mapa de solos. Fonte: IBGE/INEA/DATA.RIO (2021).

A fitofisionomia da vegetação do Parque se apresenta como um grande mosaico formado por manchas de vegetação em diferentes estágios sucessionais, sendo duas predominantes: Floresta Ombrófila Densa Submontana, que ocorre entre 50-500m de altitude, equivalente a 83,2% da área total, e Floresta Ombrófila Densa Montana, localizada entre 500-1000m, equivalente a 16,8% da área total (INEA, 2013) (Figura 8).

O Maciço da Pedra Branca foi reconhecido por seu potencial hídrico e, posteriormente, por sua relevância ambiental. Isso se tornou um motivador do estabelecimento de estratégias de conservação. Assim, o PEPB, uma Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral foi criada em 1974 para proteger importantes fragmentos de Mata Atlântica do maciço de mesmo nome. Atualmente, o PEPB está inserido na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA), assim declarada pela UNESCO em 1992, e é considerada uma das maiores florestas urbanas do mundo.

Cobertura Vegetal e Uso da Terra: Parque Estadual da Pedra Branca (RJ)

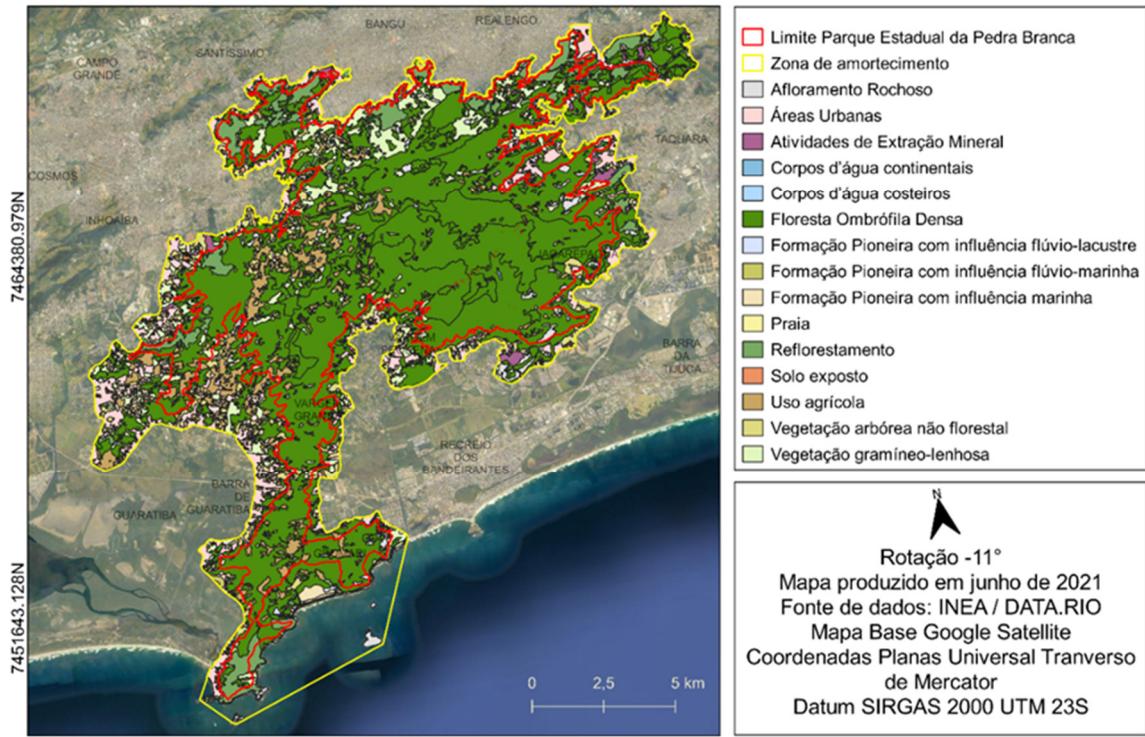


Figura 8. Mapa de cobertura vegetal e uso do solo do PEPB com destaque para a delimitação de zona de amortecimento. Fonte: INEA/DATA.RIO (2021).

3.2 Caracterização das Áreas de Agricultura Urbana do Estudo

As áreas de agricultura urbana amostradas encontram-se distribuídas desde a área com intensa urbanização no Rio da Prata (A1) e em Vargem Grande (A14 e A15) até áreas no entorno do Parque Estadual da Pedra Branca, com vegetação arbórea, circundadas por remanescentes florestais de Mata Atlântica (A12) e cultivo de banana (A5, A6 ao A11, e A13) e caqui (A4) (Figura 9). Além do cultivo da banana e do caqui, algumas áreas apresentavam múltiplos cultivos como milho, banana, abóbora, entre outros (A1 e A3), ou se caracterizavam por uma produção dominante de hortaliças de folhas e frutos (A2, A14 e A15). O tamanho das propriedades é muito variável, e apesar de na maior parte das áreas, ser verificado um cultivo principal, outros cultivos com fins comerciais ou para consumo próprio foram observados. Na Tabela 2 estão listadas as áreas com seus cultivos principais e localização geográfica.

Dessa forma, em cada área, foram amostrados 3 pontos com distância de cinco metros no mesmo tipo de uso/cultivo, como forma de padronizar o tipo de manejo. A maioria dos agricultores utiliza o sistema agroflorestal para produzir banana, caqui, café e hortaliças, entre outros cultivos que são comercializados em feiras na zona oeste da cidade. O manejo do sistema é feito roçando o bananal, e fazendo a sua colheita. O sistema é manejado há pelo menos 70 anos. No Sistema Agroflorestal com caqui: a técnica de manejo utilizada é a poda e a colheita é realizada através de mutirão.

Tabela 2. Localização e Coordenadas geográficas das áreas estudadas.

Áreas	Localidade	Uso Principal	LAT	LONG
A1	Rio da Prata	Cultivo misto	22°52'52.26"S	43°31'5.05"O
A2	Rio da Prata	Horta	22°55'21.98"S	43°31'49.81"O
A3	Rio da Prata	Cultivo misto	22°55'42.03"S	43°30'40.48"O
A4	Rio da Prata	Caqui	22°55'46.54"S	43°30'35.88"O
A5	Rio da Prata	Bananal	22°55'33.92"S	43°29'56.52"O
A6	Rio da Prata	Bananal	22°55'33.78"S	43°29'59.41"O
A7	Rio da Prata	Bananal	22°55'55.23"S	43°30'12.73"O
A8	Rio da Prata	Bananal	22°55'59.00"S	43°30'35.95"O
A9	Rio da Prata	Bananal	22°55'57.85"S	43°30'23.76"O
A10	Rio da Prata	Bananal	22°56'32.82"S	43°31'3.41"O
A11	Rio da Prata	Bananal	22°56'29.10"S	43°30'16.72"O
A12	Vargem Grande	Mata	22°56'36.18"S	43°30'8.35"O
A13	Vargem Grande	Bananal	22°56'38.79"S	43°30'2.02"O
A14	Vargem Grande	Horta	22°58'13.75"S	43°29'54.11"O
A15	Vargem Grande	Horta	22°58'34.77"S	43°29'36.67"O

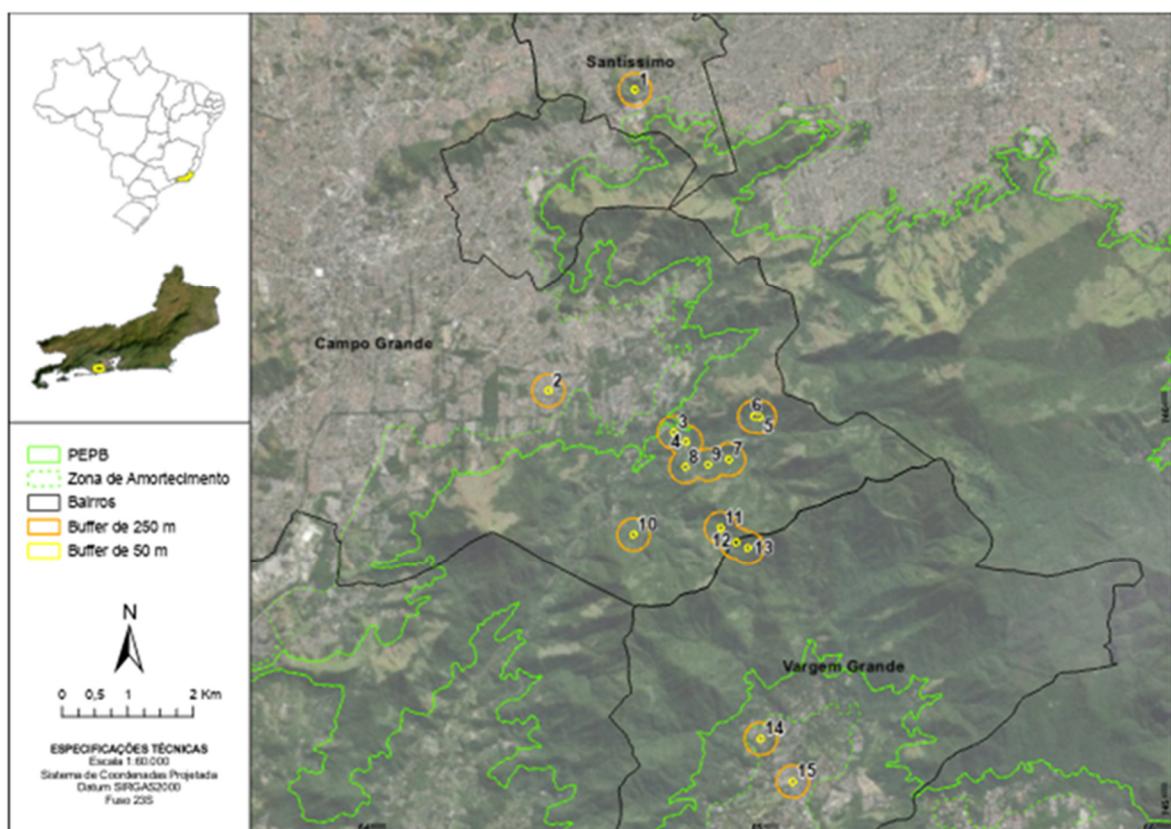


Figura 9. Mapa com recorte do gradiente amostrado, indicando a localização das 15 áreas avaliadas neste estudo, com buffer de raio de 50 e 250 m ao redor da área de amostragem. Estão indicados também o limite da área do Parque Estadual da Pedra Branca e o limite da Zona de Amortecimento. Fonte: Liliane Ferreira (2023).

Para uma melhor caracterização da paisagem do entorno das áreas de agricultura urbana foram delimitados buffers com 500 e 250 m de raio ao redor das áreas amostradas e quantificados os percentuais de estrato arbóreo, área urbanizada, cobertura por gramíneas, cultivo de banana, demais cultivos e solo exposto. Os recortes das imagens de satélite Sentinel-2 (Sentinel-ESAA:2017), de 23 de abril de 2022, coletada no Earth Explorer, banco de imagens do serviço geológico americano (USGS). As bandas R, G, B e NIR (vermelho, verde, azul e infravermelho próximo, respectivamente), com 10 m de resolução espacial. Foi utilizado o software QGIS 3.22 para extração dos centroides dos pontos de coleta e geração dos buffers. O processamento de dados, composição colorida e classificação supervisionada foram realizados no software ArcGIS Pro 2.9.2 (ESRI-ARCGIS PRO, 2021^a).

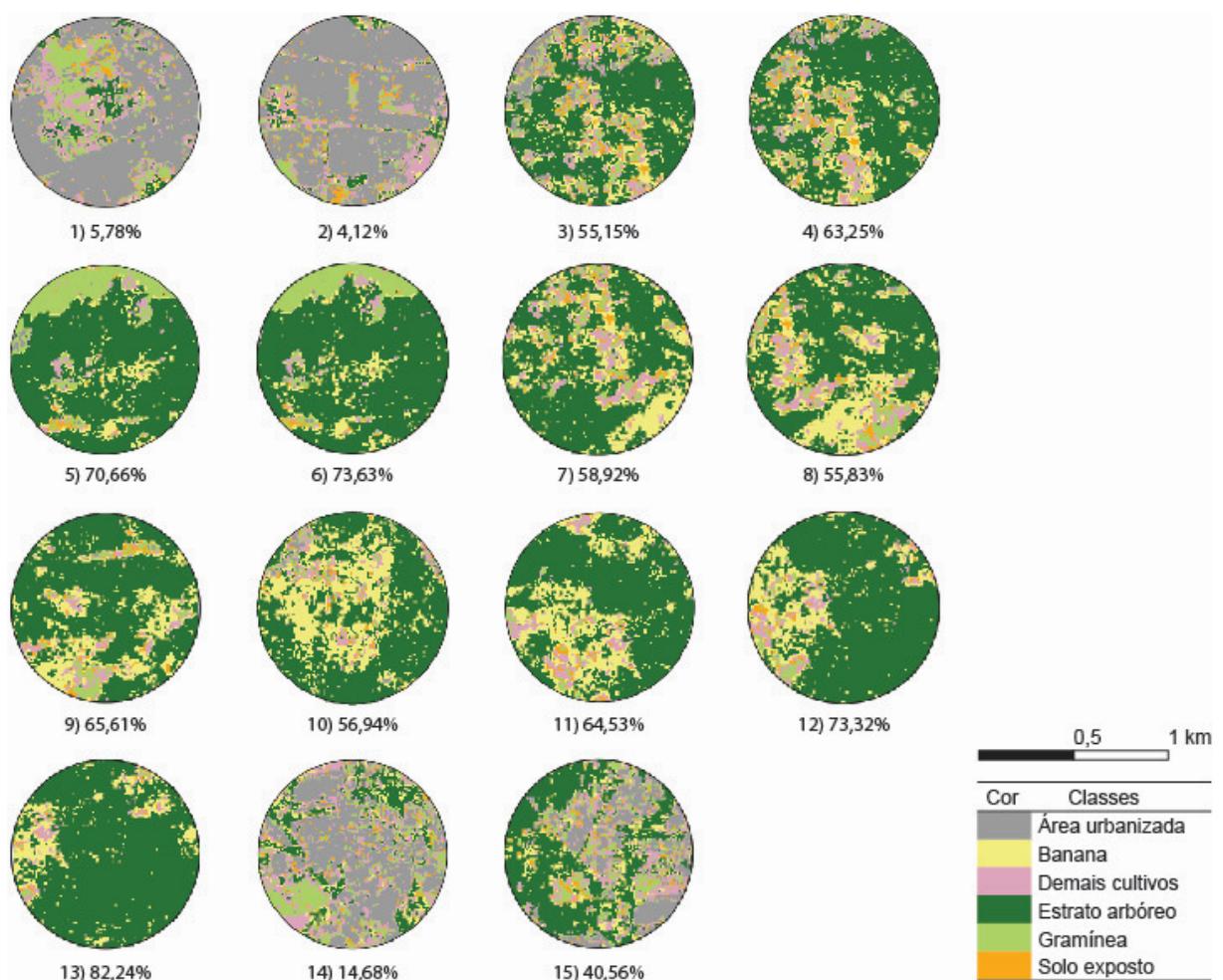


Figura 10. Detalhe do buffer de 500 m de raio ao redor da área amostrada, com os diferentes usos da terra e coberturas vegetais predominantes, indicando o percentual de arborização das 15 áreas avaliadas. Fonte: Liliane Ferreira (2023).

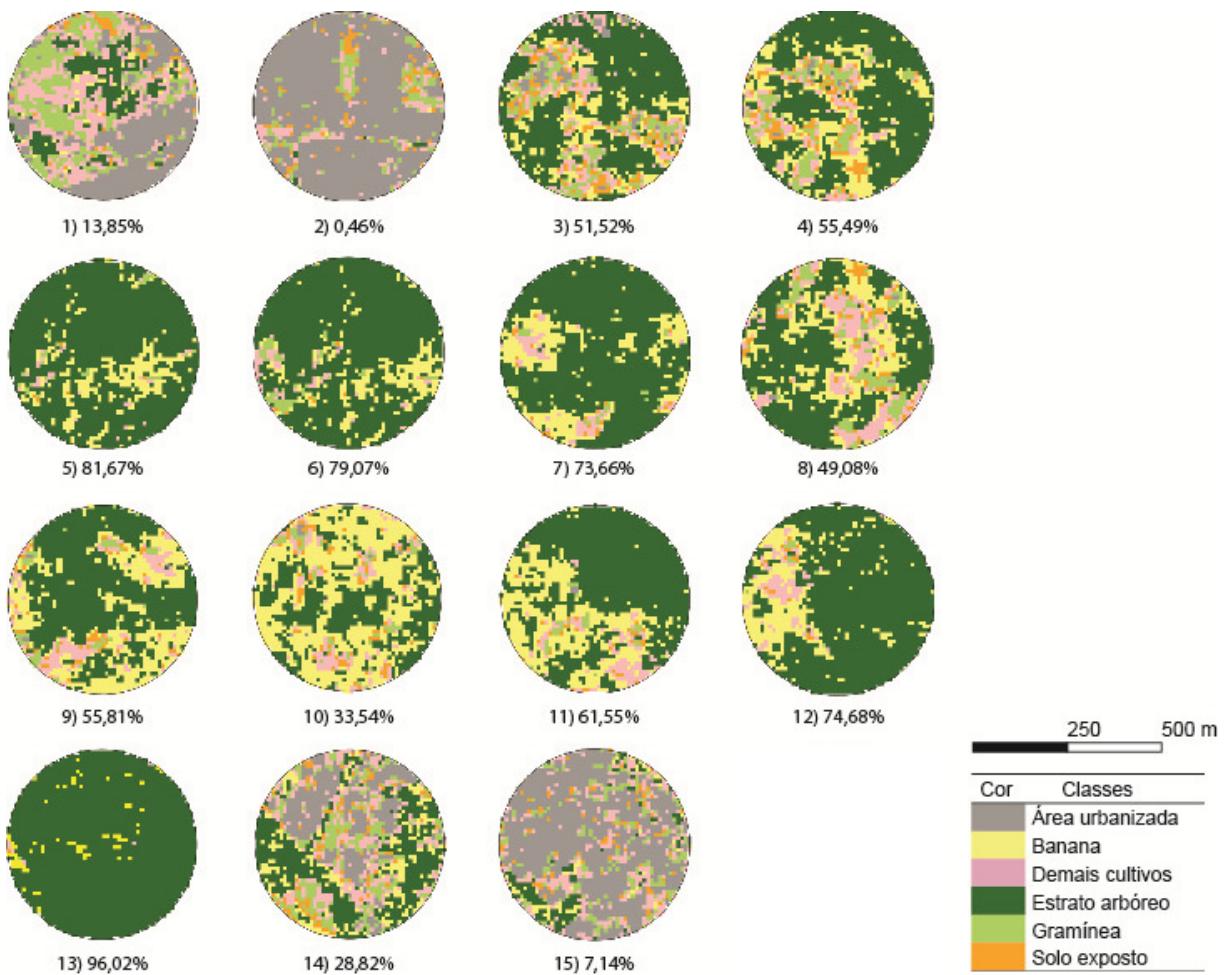


Figura 11. Detalhe do buffer de 250 m de raio ao redor da área amostrada, com os diferentes usos da terra e coberturas vegetais predominantes, indicando o percentual de arborização das 15 áreas avaliadas. Fonte: Liliane Ferreira (2023).

3.3 Avaliação da Mesofauna do Solo

Para a avaliação da mesofauna de solo foi estabelecido, em cada propriedade, um transepto com três pontos de coleta, distantes 5m entre si. Em cada ponto de coleta, foi utilizada uma sonda (Figura 12A) com 8 cm de diâmetro para a coleta da serrapilheira e os 10 cm superficiais do solo.

A amostra coletada foi transferida para um saco plástico etiquetado e levado para a bateria de funis de Berlese- Tullgren, em laboratório (Figura 12B). Cada amostra obtida no campo foi acondicionada em um funil para extração por 7 dias sob fonte luminosa. O líquido preservante utilizado foi o álcool etílico a 70%.

O método de extração da mesofauna do solo com a utilização de funis de Berlese-Tullgren utiliza o princípio de que os invertebrados tendem a se movimentar em sentido oposto a maior emissão de calor e luminosidade, sentindo descendente, caindo no frasco coletor que fica na parte inferior do funil. Esse método tem sido bastante utilizado e uma das razões para essa maior adesão é que como depende do movimento voluntário dos invertebrados, capture somente organismos que se encontram vivos no momento da amostragem (AQUINO et al., 2006). As vantagens desse método é a alta eficiência da extração e necessidade de pouca mão de obra, assim como uma grande quantidade de amostras coletadas em poucas horas. Uma desvantagem é que esse método acaba por não conseguir amostrar alguns grupos taxonômicos

da fauna do solo como um todo, sendo específico para a avaliação da mesofauna do solo (POTAPOV et al., 2022).

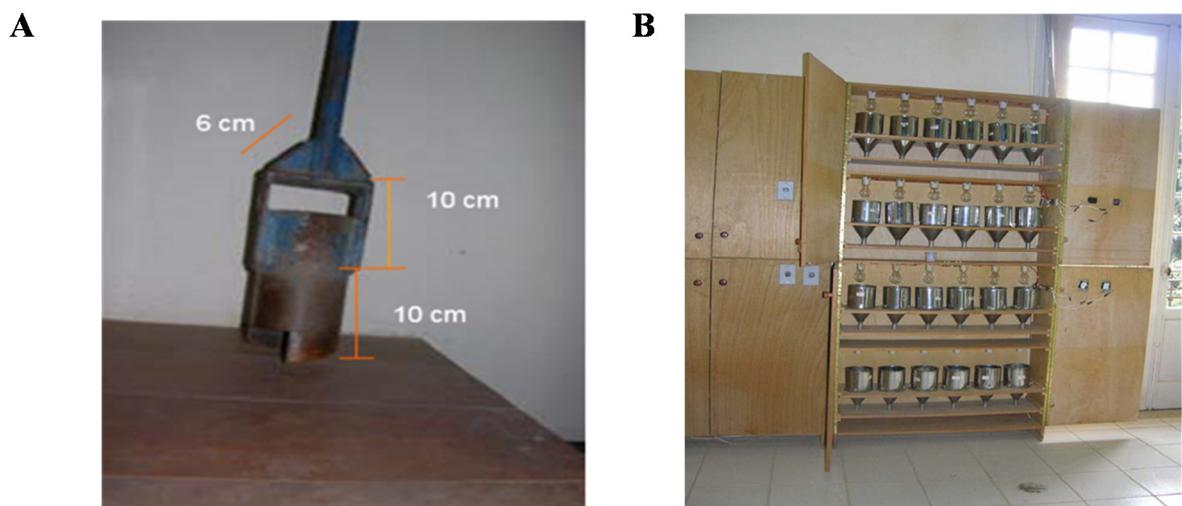


Figura 12. A- Sonda metálica para coleta de amostras de serrapilheira e solo para avaliação da comunidade da mesofauna de solo. B- Bateria de Funis de Berlese-Tullgren, utilizada para extração da mesofauna de solo das amostras. Fonte: Aquino et al. (2006).

De acordo com Freire et al (2015), em ambientes heterogêneos o tempo mínimo adequado no funil de Berlese para obter dados consistentes para avaliar os índices de diversidade é de pelo menos seis dias e no caso deste estudo as amostras de solo foram mantidas no extrator por sete dias.

Após a extração da mesofauna, em laboratório, os invertebrados foram identificados em nível de grandes grupos taxonômicos como ordem, classe ou família (DINDAL, 1990). Por fim as amostras foram armazenadas em frascos de vidro identificados.

3.4 Avaliação dos Atributos Físicos e Químicos do Solo

O solo foi analisado para avaliar a textura, teor de carbono orgânico e de macro nutrientes, os atributos químicos como pH, alumínio, cálcio, potássio, entre outros, baseados nos procedimentos de Nogueira e Souza, 2005. Os métodos utilizados pelo laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia em Seropédica -RJ foram extraídos do Manual de Laboratórios: Solo: Água, Nutrição Animal e Alimentos - Embrapa- Nogueira & Souza, 2005 e foram utilizados os métodos e titulação para extração de A e H+Al e de absorção atômica para os elementos Ca e Mg, de fotometria de chama para K, colorimétrico para P e para o pH a potenciometria.

Pelo método gravimétrico foi avaliada a umidade do solo onde define-se umidade (U) de um solo como a razão entre a massa de água (M_a) contida em um volume de solo e a massa da parte sólida (M_s) existente nesse volume (TEIXEIRA et al., 2017). Foram separadas as amostras e pesadas em proporções de 50 g cada e levadas à estufa por 48 horas para secagem em sacos de papelão, após esse período ficaram estabilizando no dessecador por 4 horas e após novamente pesadas para verificar que a diferença entre a amostra úmida e seca gerou o resultado da umidade de cada amostra daquele solo. A umidade do solo (h) é definida como a massa da água (P_a) contida em uma amostra de solo dividido pela massa de solo seco (P_s). O peso da água é determinado pela diferença entre o peso da amostra (P) e o peso seco (P_s). $H = \frac{P - P_s}{P_s} \cdot 100$. No Brasil a determinação da umidade do solo é padronizada pela NBR.

Para a avaliação do teor de matéria orgânica foram pesados os cadiinhos de louça vazios, depois os cadiinhos com amostra de solo. A determinação do teor de carbono foi feita por meio

de combustão em forno mufla mantido à temperatura de 550 °C durante o período de quatro horas e depois foram para o dessecador por 4 horas e após esfriar foram pesados novamente.

De acordo com a metodologia estabelecida por Goldin (1987), foi utilizado o fator de Bemmelen de 1,724 é comumente usado, com base na suposição de que os orgânicos humificados da matéria do solo contém aproximadamente 58% C.

3.5 Classificação Textural do Solo

Com relação a análise granulométrica para verificar textura e posteriormente a classificação textural do solo foram feitas análises, seguindo o protocolo de Almeida et al (2012). Para a análise da textura, preparou -se as amostras de solo que secaram ao sol e depois passaram por peneira para se tornar Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Os teores de areia, silte e argila, assim como a classificação textural estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de areia, argila e silte ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) e classificação textural de amostras de terra fina seca ao ar, obtidas nas áreas de agricultura urbana avaliadas.

Amostra	Areia ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Argila ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Silte ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Classificação Textural
A1	654	179	167	Franco arenoso
A2	636	189	175	Franco arenoso
A3	605	238	157	Franco argiloso arenoso
A4	660	270	71	Franco argiloso arenoso
A5	746	164	90	Franco arenoso
A6	626	231	143	Franco argiloso arenoso
A7	637	269	94	Franco argiloso arenoso
A8	617	201	182	Franco argiloso arenoso
A9	557	199	244	Franco argiloso arenoso
A10	633	249	118	Franco argiloso arenoso
A11	410	251	339	Franco
A12	482	242	275	Franco argiloso arenoso
A13	531	203	265	Franco argiloso arenoso
A14	569	186	245	Franco arenoso
A15	637	208	154	Franco argiloso arenoso

Após o peneiramento do solo, ele foi separado em amostras para o laboratório de química para análise de macronutrientes em que os resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Caracterização dos atributos químicos (médias de 3 repetições) por áreas na profundidade de 0 a 10 cm.

Área	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	P	Carbono
								%
				cmol _c dm ⁻³		mg kg ⁻¹		
A1	6,33	0,00	2,39	9,00	2,03	149,56	40,17	4,61
A2	7,57	0,00	0,00	9,58	1,02	185,97	151,99	4,26
A3	5,90	0,02	3,48	7,08	1,63	311,95	34,59	5,51
A4	4,97	0,30	4,98	3,06	1,52	109,99	3,36	3,66
A5	6,17	0,00	3,33	7,30	1,50	158,03	10,56	3,66
A6	5,53	0,04	4,43	5,70	1,95	121,56	13,67	4,65
A7	5,61	0,13	5,00	7,05	1,65	75,86	27,91	4,41
A8	5,02	0,24	5,66	4,57	1,21	96,68	3,81	5,90
A9	4,64	0,82	8,88	2,97	0,94	79,43	3,38	6,02
A10	6,01	0,05	3,52	9,05	2,42	138,71	37,91	4,64
A11	5,46	0,15	6,90	7,04	2,58	137,72	14,55	8,84
A12	3,75	3,92	13,43	0,66	0,29	85,18	10,77	8,25
A13	5,04	0,87	11,08	3,15	0,74	220,27	246,00	9,64
A14	6,69	0,00	1,73	10,16	2,47	255,48	482,44	7,19
A15	7,14	0,00	0,58	8,02	1,61	271,18	889,75	4,79

3.6 Biomassa de Minhocas

A densidade e biomassa de minhocas também foi avaliada, utilizando-se o método de monólitos de solo recomendada pelo TSBF, em que um volume de solo (25 x 25 x 10 cm) foi inspecionado visualmente e os indivíduos coletados e fixados em formol a 4% (ANDERSON; INGRAM, 1993) (Figura 13A). As minhocas são um componente comum da fauna do solo urbano e em geral, são vistos como organismos benéficos que melhoram as condições do solo para o crescimento das plantas. No laboratório os indivíduos foram contados e pesados em balança de precisão, em quilogramas (Figura 13B).

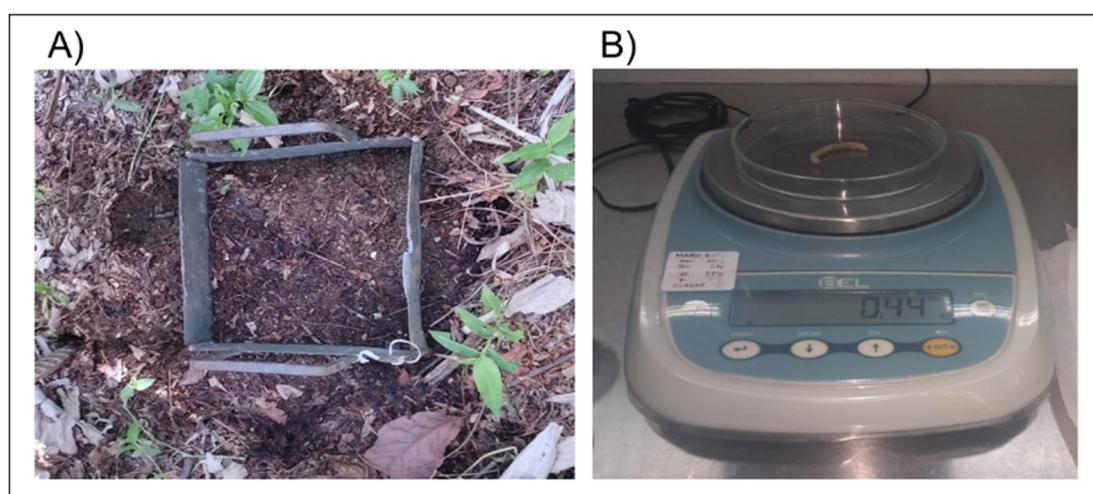


Figura 13. Avaliação da biomassa de minhocas. A) Método de coleta (TSBF); B) Pesagem de Minhocas.

3.7 Índices Ecológicos e Análises Estatísticas Multivariadas

Para estimar a abundância dos diferentes grupos da mesofauna do solo e das minhocas, foram calculadas as densidades em número de indivíduos por m² e os respectivos erros padrões. Para a avaliação da comunidade da mesofauna do solo foram utilizados índices ecológicos, como a riqueza total, que considera todos os grupos coletados em uma área; a riqueza média, que representa o número médio de grupos por amostra em cada área e o Índice de Equabilidade de Pielou, que é derivado do Índice de Shannon e indica o grau de dominância por um ou alguns grupos na comunidade (ODUM & BARRET, 2007).

Para determinar o grau de importância dos diferentes grupos para a composição da comunidade foi calculada a frequência de cada grupo nas diferentes áreas. O cálculo da frequência é a proporção de indivíduos de um grupo em relação ao número total de indivíduos da área (SOARES et al., 2020).

Com o objetivo de compreender quais fatores afetam a ocorrência dos diferentes grupos da mesofauna do solo e de minhocas nas áreas avaliadas, foram realizadas análises multivariadas. Como hipóteses de trabalho, determinaram-se três possíveis escalas de influência sobre a fauna do solo. A primeira delas é a escala local da amostra, em que buscou relação entre a ocorrência da fauna, a densidade total e a riqueza com os atributos químicos e físicos do solo. As outras escalas consideraram os efeitos da paisagem circundante ao transecto da amostra em um raio de 250 e 500m. As variáveis da paisagem avaliadas foram os percentuais de: cobertura vegetal, área urbanizada, cobertura por gramíneas, cultivo de banana, demais cultivos e solo exposto.

Para análise dos dados foi utilizado o software R (R Core Team, 2021; R Studio Team, 2022). Análise de Componentes Principais (PCA, Principal Component Analysis) foi usada para selecionar as variáveis locais e da paisagem, presentes no buffer de 250 m e de 500 m, que se mostraram com maior probabilidade de serem estruturantes dos cenários estudados. Foram realizadas 3 PCAs, para avaliação de cada uma das escalas (local, 250 m e 500 m), sendo selecionadas as variáveis com peso acima ou igual a 35% em um dos dois eixos principais.

A análise de escalonamento multidimensional (NMDS, Nonmetric Multidimensional Scaling) teve como objetivo selecionar os grupos da fauna com padrões significativos de distribuição. Foram mantidos os grupos que apresentaram padrões de distribuição com significância estatística igual ou maior que 90%, associado a uma frequência maior que 45% nas amostragens realizadas em campo. O PCA e o NMDS foram confeccionados utilizando o pacote do R Vegan (OKSANEN et al., 2022).

Uma vez selecionadas as variáveis e os grupos da fauna do solo, foram construídos e avaliados estatisticamente modelos lineares generalizados (GLMs), para cada uma das escalas avaliadas (escala local, 250 m e de 500 m), visando identificar as equações que melhor explicam o padrão de abundância e riqueza da comunidade da fauna do solo assim como a abundância de cada um dos grupos selecionados para avaliação. Foi utilizada a distribuição de dados tipo Poisson, utilizados para dados de contagem, e a distribuição normal para dados contínuos, como biomassa de minhoca.

Os modelos foram selecionados pelo critério de Akaike de segunda ordem (AICc), gerando uma classificação do melhor para o pior modelo. Neste trabalho, foram selecionados $\Delta\text{AICc} < 2,0$. O peso atribuído ao modelo (AICcWi) foi usado como indicativo da probabilidade de sua seleção no caso de realização de uma nova amostragem dos dados disponíveis. Para maiores informações sobre o critério de Akaike, consultar Bozdogan (1987) e Burnham e Anderson (2002). As análises dos modelos foram realizadas utilizando os pacotes bbmle (Bolker et al., 2020), versão 1.0.16, e MuMIn (Bartoń, 2020), versão 1.15.1.

4. RESULTADOS

4.1 Índices Ecológicos da Mesofauna do Solo

As densidades da mesofauna do solo nas áreas de agricultura urbana variaram de quase 7 mil indivíduos.m⁻² no bananal de A13 a mais de 83 mil indivíduos.m⁻² na área de Mata Atlântica sem registro de manejo há pelo menos 70 anos (A12) (Tabela 5). As duas áreas citadas encontram-se próximas, cerca de 600 m, o que demonstra uma heterogeneidade na colonização da fauna de solo, resultante de múltiplos fatores atuando simultaneamente.

Em relação aos cultivos predominantes em cada área, há também uma grande variação nas densidades da mesofauna, não sendo possível atribuir um nível ou ordem de grandeza da densidade a um determinado cultivo. No caso das duas áreas de agricultura urbana com cultivos mistos, que se caracterizam pela ocorrência de bananeiras, mas também pelo plantio de milho, abóbora e outras culturas de ciclo curto, as densidades foram relativamente semelhantes, sendo coletados 17.837 ind.m⁻² para A1 e 17.041 ind.m⁻² para A3 (Tabela 5).

As áreas de horta urbana (A2, A14 e A15) encontram-se plenamente inseridas em área urbana e fora da Zona de Amortecimento do Parque Estadual da Pedra Branca. As densidades foram também muito discrepantes, com valores de 32.955, 21.351 e 62.927 ind.m⁻² para A2, A14 e A15 respectivamente.

As áreas de produção de banana, por sua vez, representam a maior parte das áreas avaliadas no gradiente que atravessa o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), da localidade de Rio da Prata, em Campo Grande, e Vargem Grande. Há também, uma grande variabilidade da paisagem local, com diferentes graus de arborização, sendo que por vezes, os bananais encontram-se sob a copa das árvores e outras vezes, a pleno sol. O percentual de arborização nos *hotspots* com buffer de 500 m variou de 56,94% a 82,24%. As densidades da mesofauna do solo nos bananais variaram de 6.962 ind.m⁻² em A13, o menor valor observado entre todas as áreas, a 61.468 ind.m⁻² em A5, a terceira maior densidade encontrada (Tabela 5).

A única área de produção de caqui, mas que se enquadra como sistema agroflorestal, assim como muitos dos bananais avaliados, por estar inserido na floresta do PEPB, apresentou um valor de densidade da mesofauna relativamente elevado, quando comparado às demais áreas avaliadas, com 54.307 ind.m⁻² (Tabela 5).

Por representar um conjunto de invertebrados de tamanho diminuto, como os ácaros, colêmbolos, sínfilos entre outros, a mesofauna do solo, em geral apresenta elevadas abundâncias e grande heterogeneidade espacial. Em vários casos, há a formação de agregados e indivíduos da mesma espécie, seja como estratégia de exploração de recursos ou defesa, ou como consequência de eventos reprodutivos. Esse elevado nível de agregação, pode elevar as médias no número de indivíduos, mas também resulta em valores de erro padrão da média mais altos. O percentual do erro padrão em relação às médias das densidades variou de 17,61% no bananal de A9 a 64,64% na área de cultivo misto A1. Como referência, o erro padrão na área de Mata Atlântica representou 23,16% da média (Tabela 5). Não foi observada nenhuma tendência de variação do erro em função do plantio, grau de arborização e outro fator da paisagem. É possível que fatores locais não mensurados ou eventos relacionados à fisiologia das espécies de invertebrados tenham proporcionado uma maior agregação, resultando na variabilidade espacial, refletida nos valores de erro padrão.

Tabela 5. Índices Ecológicos da mesofauna edáfica ⁽¹⁾ nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro

Área	Uso Principal	Densidade (Indivíduos m ⁻² + Erro Padrão)	Riqueza Total	Riqueza média	Equabilidade de Pielou
A1	Cultivo misto	17.837 ± 11.529	8	4	0,43
A2	Horta	32.955 ± 7.879	8	4	0,32
A3	Cultivo misto	17.041 ± 8.133	13	8	0,38
A4	Caqui	54.307 ± 15.275	10	6	0,18
A5	Bananal	61.468 ± 24.215	12	6	0,27
A6	Bananal	8.554 ± 3.063	5	4	0,59
A7	Bananal	37.464 ± 23.624	12	7	0,40
A8	Bananal	25.529 ± 8.190	9	6	0,35
A9	Bananal	36.337 ± 6.399	12	7	0,31
A10	Bananal	20.158 ± 9.638	11	5	0,36
A11	Bananal	24.004 ± 4.824	7	5	0,55
A12	Mata	83.085 ± 19.246	13	8	0,39
A13	Bananal	6.962 ± 2.878	9	6	0,65
A14	Horta	21.351 ± 11.445	12	7	0,43
A15	Horta	62.927 ± 14.110	11	7	0,21

¹ Médias de três repetições. Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande.

O número de diferentes grupos da mesofauna que colonizam o solo das áreas de estudo, expressos aqui como riqueza total, quando se considera o total de grupos em todas as amostras, e a riqueza média, relativa ao número médio de grupos por amostra, revelaram grande variabilidade na colonização da mesofauna do solo. A área de mata utilizada como referência (A12) apresentou a maior riqueza de grupos (13), mas este número também foi registrado em A3, que é uma área de cultivo misto, com um certo grau de urbanização, mas também com presença de floresta (Tabela 5).

Das 15 áreas avaliadas, em sete delas foram amostrados entre 10 e 12 grupos (A4, A5, A7, A9, A10, A14 e A15), sendo uma área de caqui, as duas áreas de horta de Vargem Grande e as demais sendo áreas de bananal. Com riqueza total entre cinco e nove grupos estão as outras seis áreas (A1, A2, A6, A8, A11 e A13), incluindo uma área de cultivo misto, uma de horta no Rio da Prata e quatro áreas de bananais. Um detalhe surpreendente é a área A13, que apresentou 9 grupos, sendo a área mais próxima da mata de referência (Tabela 5).

Como pode ser observado na Figura 14, a riqueza média variou de maneira semelhante à riqueza total nas diferentes áreas e não há uma relação entre número de indivíduos e riqueza. Isso revela que as condições determinantes da colonização da mesofauna do solo são variáveis para cada área, o que será discutido mais adiante a partir dos resultados das análises multivariadas.

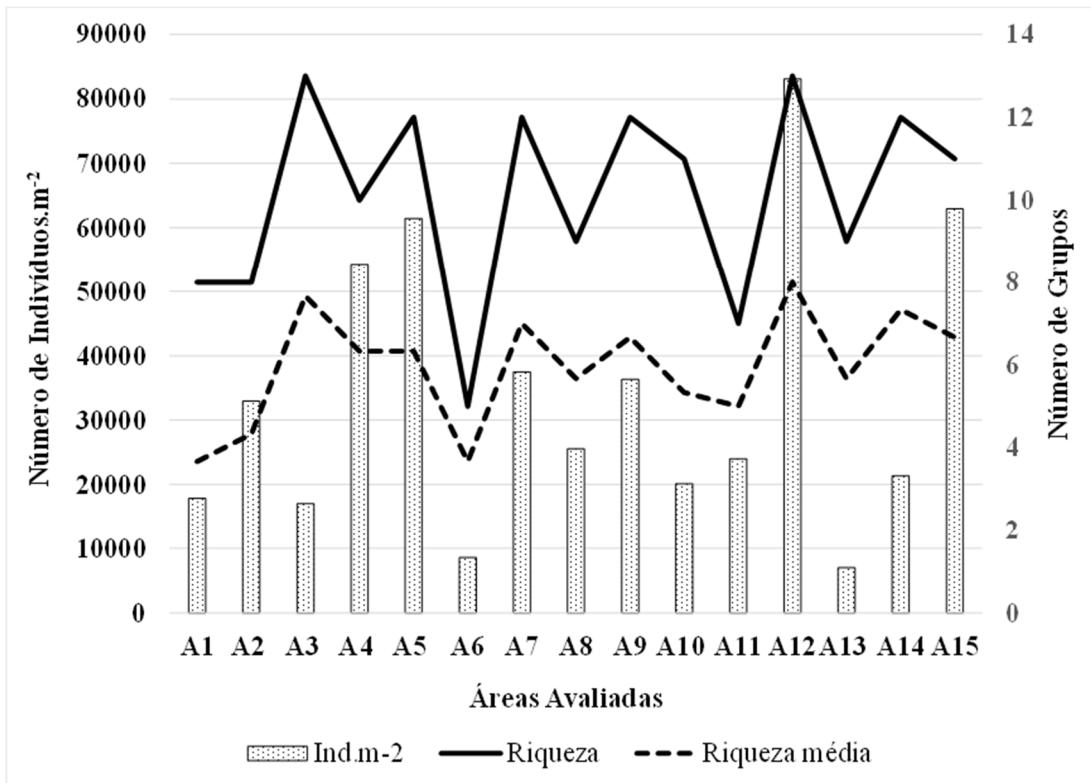


Figura 14. Variação da densidade, da riqueza total e da riqueza média da mesofauna do solo nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro. Médias de três repetições. Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande. A1 e A3- Cultivo Misto; A2, A14 e A15- Hortas; A4- Caqui; A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A13- Bananal; A12- Mata.

Por fim, ao se analisar os padrões gerais das comunidades de mesofauna, o Índice de Pielou aponta uma elevada dominância de poucos grupos, o que tem um efeito de redução do valor desse índice. A elevadas densidades de Acari e de colêmbolos Entomobryomorpha foram as responsáveis por efeito de dominância nas comunidades (Figura 15). É importante ressaltar que ácaros e colêmbolos normalmente ocorrem em elevadas densidades, apresentam variações acentuadas no tempo e no espaço, não necessariamente indicando impactos negativos.

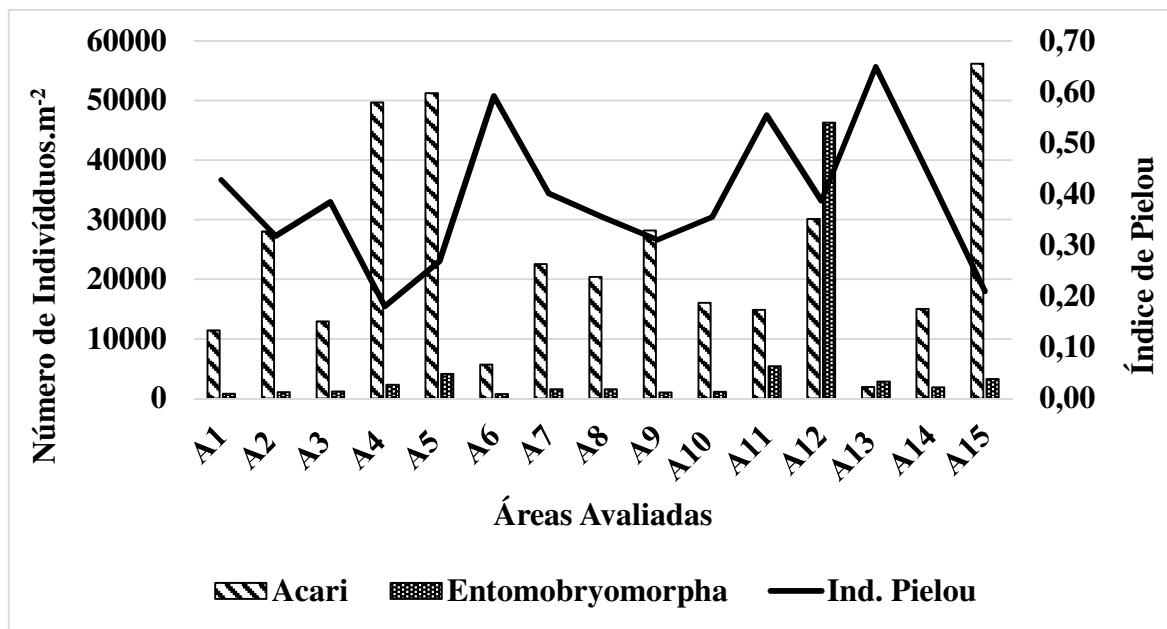


Figura 15. Variação do Índice de Pielou, em comparação com a densidade de Acari e Entomobryomorpha nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro. Médias de três repetições. Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande. A1 e A3- Cultivo Misto; A2, A14 e A15- Hortas; A4- Caqui; A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A13- Bananal; A12- Mata.

4.2 Frequência de Ocorrência dos Grupos da Mesofauna e Composição Relativa

É importante ressaltar que os diferentes grupos da mesofauna amostrados neste estudo não ocorreram com a mesma frequência, considerando-se todas as amostras de todas as áreas. A avaliação da frequência é importante para selecionar os grupos mais representativos para a realização das análises multivariadas, apresentando maior potencial de bioindicação.

Dos 24 grupos encontrados neste estudo, os grupos Diplura, Enchytraeidae, Heteroptera, Protura, Simphypleona e Thysanoptera foram encontrados em apenas uma única área apresentando uma frequência inferior a 0,10 (Figura 16). Os grupos com frequência igual ou maior que 0,40, o que significa que foram amostrados em pelo menos 6 das 15 áreas são: Araneae ($F= 0,40$); larvas e adultos de Coleoptera, larvas de Diptera, Chilopoda e Auchenorrhyncha, presentes em 8 áreas ($F=0,47$); adultos de Diptera, presentes em 9 áreas ($F=0,53$); Sternorrhyncha, presentes em 10 áreas ($F=0,60$); Poduromorpha e Isopoda, presentes em 11 áreas ($F=0,67$); Acari, Entomobryomorpha e Formicidae, presentes em todas as áreas ($F=1$) (Figura 16).

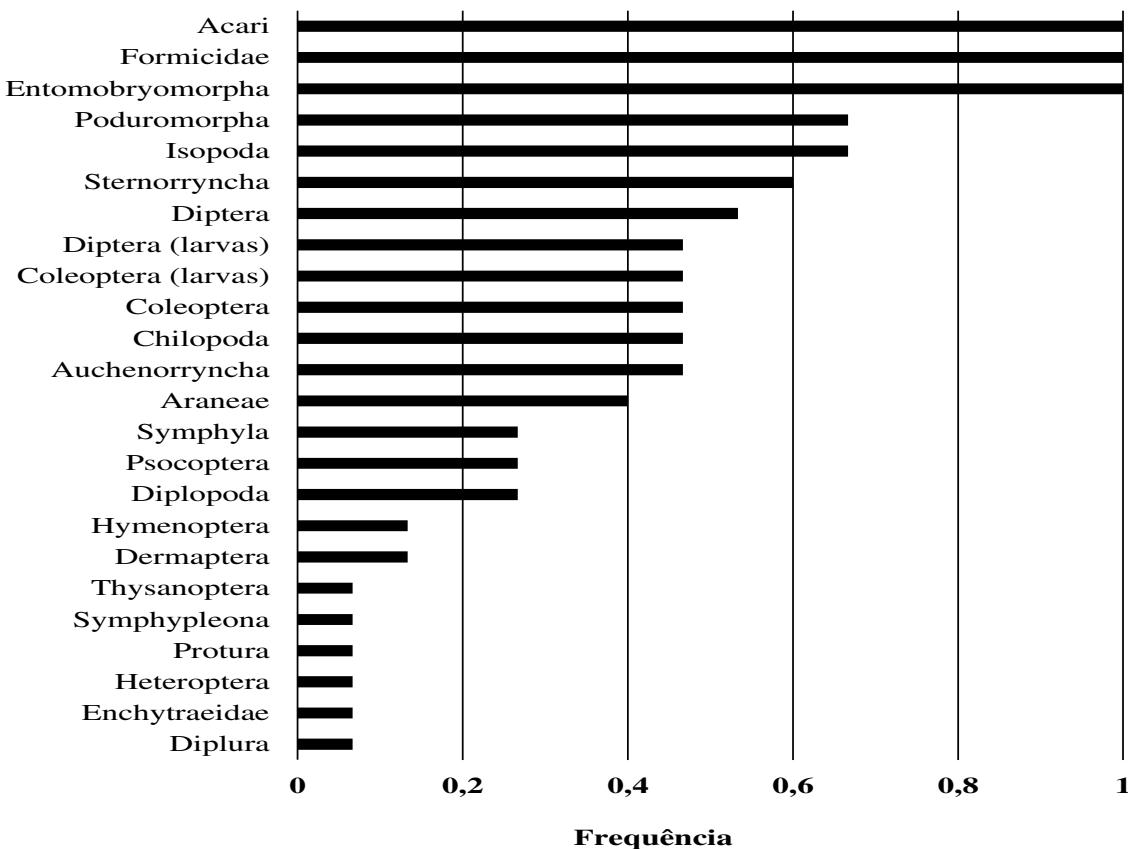


Figura 16. Frequência de ocorrência dos diferentes grupos da mesofauna do solo nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.

Alguns grupos de invertebrados do solo são muito diversos tanto em termos de espécies quanto no que diz respeito a diferentes funcionalidades. No caso de ácaros do solo, são encontradas espécies predadoras, detritívoras e fungívoras. O mesmo acontece para coleópteros do solo e formigas. No entanto, em termos de hábitos alimentares, outros grupos não apresentam variação. No caso de Chilopoda, por exemplo, todos são predadores, assim como as aranhas. No caso de Isopoda, todos são detritívoros e no caso dos diferentes grupos de Collembola, como Entomobryomorpha e Poduromorpha, o consumo de hifas de fungos e matéria orgânica particulada são as principais fontes de alimento. Dessa forma, observa-se que nesse conjunto dos grupos mais frequentes estão presentes diferentes funcionalidades relacionadas à ciclagem de nutrientes, com grupos detritívoros, predadores e fungívoros. Isto representa tanto um entendimento de que há condições de provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à decomposição, ciclagem de nutrientes e controle biológico, mas também uma compreensão de que de maneira global, o conjunto de áreas de agricultura urbana presentes no PEPB é capaz de abrigar uma biodiversidade da mesofauna do solo, capaz de prover serviços ecossistêmicos.

Acari, Entomobryomorpha e Formicidae são grupos normalmente muito frequentes e abundantes, em comparação com outros grupos e tendem a dominar as comunidades. Esse padrão foi observado neste estudo, sendo que na grande maioria das áreas houve uma grande dominância de Acari, com exceção das áreas A12 e A13, em que o grupo dominante foi Entomobryomorpha (Figura 17). Nas áreas em que Acari foi dominante, a proporção de indivíduos desse grupo em relação ao total da mesofauna variou de 60,18 a 91,45%. Formicidae também foi um grupo importante nas áreas A1, A6, A9 e A13. O fato que mais chama atenção é que na área de referência de Mata Atlântica (A12), o grupo mais dominante foi Entomobryomorpha (56%). Ao se observar o mapa da região de estudo com a plotagem dos

buffers de 250m para cada área (Figura 11), observa-se que as áreas A11, A12 e A13 formam um contínuo e é justamente nestas três áreas que são observadas as maiores proporções de Entomobryomorpha (Figura 17). É possível que esse padrão represente o que melhor se aproxima do original da estrutura da comunidade.

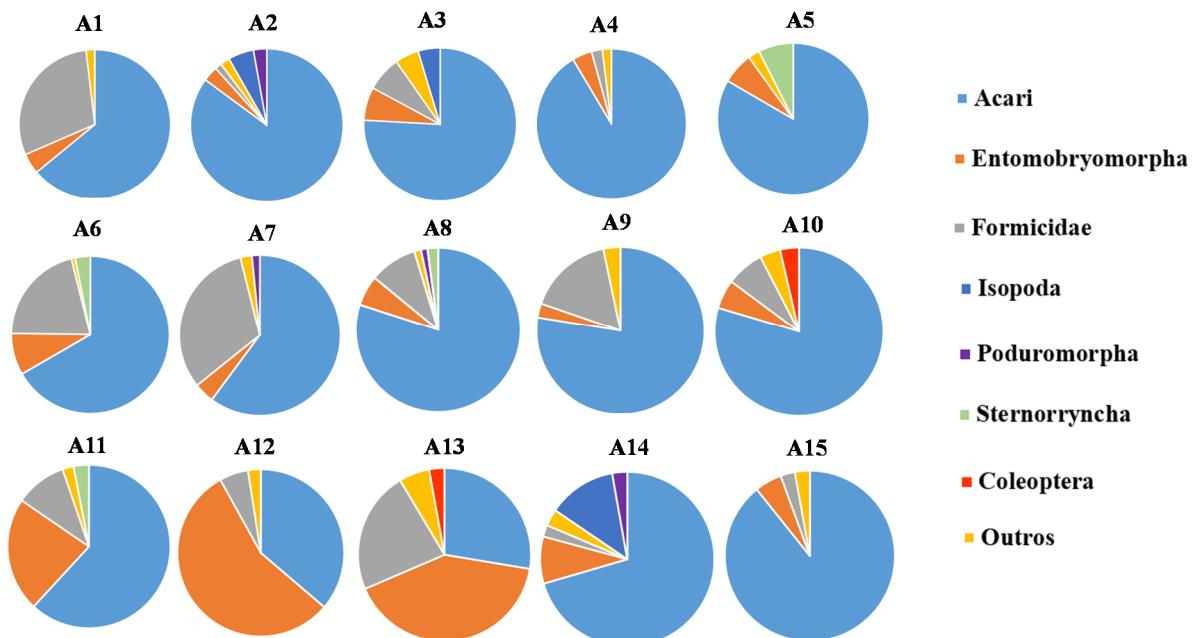


Figura 17. Composição relativa de grupos da mesofauna do solo em áreas de agricultura urbana na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro e uma área de Mata Atlântica no Parque Estadual da Pedra Branca. Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande. A1 e A3- Cultivo Misto; A2, A14 e A15- Hortas; A4- Caqui; A6, A7, A8, A9, A10, A11 e A13- Bananal; A12- Mata.

4.3 Densidade e Biomassa de Minhocas

Neste trabalho, além da avaliação da mesofauna do solo, optou-se por avaliar as minhocas como único grupo representante da macrofauna, como uma forma de diálogo com os agricultores urbanos. Ao acompanhar o trabalho e perceber a ocorrência de minhocas, os agricultores urbanos se tornavam mais sensíveis ao diálogo sobre fauna de solo. Devido ao pequeno tamanho, torna-se muito difícil ou por vezes impossível, observar a mesofauna de solo em campo. Portanto apesar de serem potenciais indicadores do solo e de atributos da paisagem, a mesofauna não permite um diálogo em campo com os agricultores sobre a importância de práticas sustentáveis para a conservação da vida no solo.

Excetuando-se a área de horta em Rio da Prata (A2), foram amostradas minhocas em todas as áreas. A menor densidade (5 ind.m^{-2}) foi encontrada no bananal da área A8, enquanto a maior foi registrada para a área de caqui (A4), com 256 ind.m^{-2} (Tabela 6). Fatores como aporte de matéria orgânica, umidade entre outros podem estimular a proliferação de minhocas, como por exemplo áreas com coberturas de gramíneas, com densa massa de raízes.

Os valores de biomassa também foram muito variáveis, variando de $1,65 \text{ g.m}^{-2}$ na área A13 a $59,73 \text{ g.m}^{-2}$ na área A4 (Tabela 6). Em áreas antropizadas é comum a ocorrência de espécies exóticas que podem estar presentes com biomassas elevadas.

Tabela 6. Número de indivíduos e biomassa de minhocas por metro quadrado e os respectivos erros padrão nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.

Área	Uso Principal	Número de Minhocas (Indivíduos.m ⁻² ± Erro Padrão)	Biomassa de Minhocas (g.m ⁻² ± Erro Padrão)
A1	Cultivo misto	117 ± 32	21,92 ± 4,77
A2	Horta	0	0,00
A3	Cultivo misto	32 ± 9	7,15 ± 2,78
A4	Caqui	256 ± 40	59,73 ± 14,73
A5	Bananal	11 ± 5	3,41 ± 1,99
A6	Bananal	32 ± 32	3,47 ± 3,47
A7	Bananal	53 ± 27	13,49 ± 6,82
A8	Bananal	5 ± 5	1,65 ± 1,65
A9	Bananal	64 ± 42	11,89 ± 8,16
A10	Bananal	21 ± 11	4,43 ± 2,35
A11	Bananal	16 ± 9	3,89 ± 2,31
A12	Mata	21 ± 14	3,63 ± 1,99
A13	Bananal	11 ± 5	1,65 ± 1,57
A14	Horta	43 ± 11	18,72 ± 3,79
A15	Horta	37 ± 19	11,52 ± 6,21

Áreas A1 a A11, localizadas em Rio da Prata, Bairro Campo Grande; áreas A12 a A15 localizadas no Bairro de Vargem Grande.

O padrão de variação da densidade e da biomassa de minhocas foi semelhante, o que significa que os valores de biomassa são decorrentes da maior ou menor densidade de minhocas em uma determinada área, como pode ser observado na figura 18.

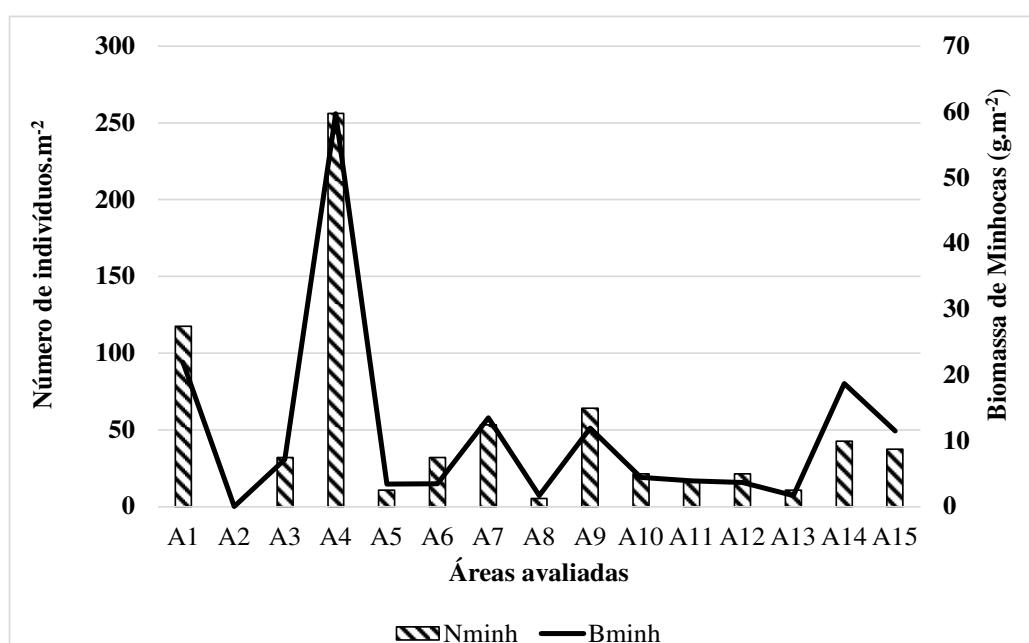


Figura 18. Variação do número e da biomassa de minhocas nas diferentes áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.

4.4 Análises Multivariadas

A análise de componentes principais para a seleção de variáveis do solo, que representa a escala local de influência do ambiente sobre a fauna do solo, indicou que as variáveis areia, umidade, carbono, cálcio, fósforo e pH estão correlacionadas com a ocorrência dos grupos da fauna de solo nas diferentes áreas de agricultura urbana avaliadas (Tabela 7).

Tabela 7. Correlações das diferentes variáveis do solo com os componentes principais 1 e 2, evidenciando em negrito as correlações positivas e negativas superiores a 35%.

Variáveis do Solo	PC1	PC2
Areia	-0,2926714	-0,39831467
Argila	0,1651680	-0,01812163
Umidade	0,2288719	0,46693120
Carbono	0,2715510	0,47433474
Alumínio	0,3704796	0,02185076
Cálcio	-0,3732085	0,24829581
H + Al	0,4270774	0,02741574
Potássio	-0,2278515	0,31970752
Magnésio	-0,2244462	0,25785194
Fósforo	-0,1743260	0,37744683
pH	-0,4114899	0,15476538

Na escala da paisagem, os percentuais dos diferentes usos/manejos, quando se consideram janelas da paisagem com raios de 250 e 500 m das áreas de amostragem se mostraram relevantes para a ocorrência dos diferentes grupos da fauna de solo. Utilizando-se o critério de correlações maiores que 35% com os componentes principais 1 e 2, todas as variáveis da paisagem foram selecionadas (Tabela 8).

Tabela 8. Correlações das diferentes variáveis da paisagem nos buffers de 250 e 500 m com os componentes principais 1 e 2, evidenciando em negrito as correlações positivas e negativas superiores a 35%.

Variáveis da Paisagem (% de área)	PC1	PC2
	Buffer de 500 m	
Mata	0,4762203	0,13112457
Gramíneas	-0,3390195	0,48011406
Bananal	0,3692264	-0,52459336
Outros Cultivos	-0,4615799	-0,28132823
Solo Exposto	-0,3061157	-0,62792911
Área Construída	-0,4638847	0,06048239
Buffer de 250 m	PC1	PC2
	0,4466948	0,26990003
	-0,4408056	-0,15309410
	-0,4008277	0,52002466
	-0,4241704	-0,08400018
	-0,4008277	0,52002466
	-0,3238951	-0,59649715

A partir da análise de escalonamento multidimensional (NMDS, Nonmetric Multidimensional Scaling) foi possível selecionar os grupos da fauna com padrões significativos de distribuição. Os grupos que apresentaram padrões de distribuição com significância estatística igual ou maior que 90%, associados a uma frequência maior que 45% nas amostragens realizadas em campo foram: Acari, Chilopoda, Coleoptera, Entomobryomorpha, Poduromorpha e Oligochaeta (Tabela 9).

Tabela 9. Correlações dos diferentes grupos da fauna com os eixos da análise NMDS, significância e frequência de ocorrência dos grupos. Em negrito estão destacados os valores significativos e frequências superiores a 45%.

Grupo da Fauna	NMDS1	NMDS2	r2	Pr(>r)	Frequência
Acari[#]	-0,86239	-0,50625	0,7383	0,001***	1,00
Aranea	-0,07162	-0,99743	0,0462	0,361	0,40
Auchenorrhyncha	0,24568	-0,96935	0,0128	0,750	0,47
Chilopoda[#]	-0,99509	0,09902	0,1256	0,084*	0,47
Coleoptera[#]	-0,14388	0,98960	0,2161	0,013**	0,47
Dermoptera	0,02806	-0,9996	0,0320	0,476	0,13
Diplopoda	-0,99991	-0,01306	0,0019	0,955	0,27
Diplura	-0,95205	-0,30594	0,0039	0,865	0,07
Diptera	-0,80948	0,58715	0,0591	0,271	0,53
Enchytraeidae	0,28838	0,95752	0,1035	0,094	0,07
Entomobryomorpha[#]	-0,16253	0,98670	0,5708	0,001***	1,00
Formicidae	-0,51011	-0,86011	0,0866	0,134	1,00
Heteroptera	-0,71580	0,69831	0,0051	0,761	0,07
Hymenoptera	-0,97205	-0,23478	0,1154	0,086*	0,13
Isopoda	-0,91017	-0,41423	0,0445	0,355	0,67
Coleoptera (larvas)	-0,8766	0,48115	0,0920	0,124	0,47
Diptera (larvas)	-0,2064	0,97845	0,0941	0,108	0,47
Poduromorpha[#]	-0,87564	-0,48296	0,1709	0,02**	0,67
Psocoptera	-0,25059	-0,96809	0,0522	0,330	0,27
Protura	-0,33968	0,94054	0,0918	0,125	0,07
Sternorrhyncha	-0,98162	0,19085	0,0839	0,151	0,60
Symplypha	-0,51968	-0,85436	0,0610	0,25	0,27
Symplypleona	0,84363	-0,53692	0,1720	0,067*	0,07
Thysanoptera	-0,71580	0,69831	0,0051	0,761	0,07
Oligochaeta[#]	-0,17421	-0,98471	0,1442	0,051*	0,93

Significância: *** P≤0,001; ** P≤0,05; * P≤0,1

Grupos selecionados para a análise de GLM, com base na significância e na frequência igual ou maior que 0,47.

A ocorrência e densidade de Acari nas áreas de agricultura urbana e periurbana que compõem o gradiente estudado é resultante de um somatório de fatores, tanto na escala local, ou seja, do solo, quanto da paisagem. Na análise de GLM, utilizando-se o critério de Akaike, o modelo nulo foi rejeitado e foram selecionados modelos, nos quais as variáveis locais e da paisagem explicavam as densidades dos Acari no solo (Tabela 10).

No caso dos atributos do solo previamente selecionados pela análise de componentes principais, todas estão presentes no modelo com menor valor de delta de Akaike e maior peso. Cabe destacar que, nesse modelo, os coeficientes de Areia, Carbono e Umidade apresentam

coeficientes negativos, indicando uma tendência inversa à variação das densidades de Acari. O elevado peso do modelo ($AICcWi= 0,903$) indica que o modelo representa bem a variação deste grupo da mesofauna do solo.

O modelo selecionado na análise da paisagem no buffer de 500m, apesar de ter um peso elevado ($AICcWi= 1$), não diferencia a influência das feições da paisagem, pois todas têm coeficientes muito semelhantes. É provável que está escala seja grande demais para fornecer elementos de compreensão da distribuição de Acari.

No caso dos dois modelos de igual delta de Akaike ($\Delta AICc= 0$) e peso ($AICcWi= 0,105$) há uma relação positiva com “Bananal” e “Área Construída” no modelo 1 e “Área Construída” e “Solo Exposto” no modelo 2. Em ambos os modelos, há uma interação negativa com a área de gramíneas.

É importante considerar que Acari foi o grupo mais abundante, ocorrendo em todas as áreas amostradas. O fato de que tais densidades se correlacionam com variáveis do solo e da paisagem sugere que este grupo representa um bom indicador das condições do ambiente sobre a biodiversidade do solo.

Tabela 10. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta AICc < 2$) para explicar os níveis de densidade de Acari no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.

Modelo selecionado- Escala Local

$$\text{AcariEL} = \beta_0 + \beta_1 \text{ Areia} + \beta_2 \text{ C} + \beta_3 \text{ Umi} + \beta_4 \text{ Ca} + \beta_5 \text{ P} + \beta_6 \text{ pH}$$

$\Delta AICc= 0$ $AICcWi= 0,903$

Modelo Nulo

$$\text{AcariEL} = \beta_0$$

$$\Delta AICc= 1367 \quad AICcWi= 0$$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	7,21
Areia	Areia	-0,001399
Carbono	C	-0,2858
Umidade	Umi	-0,1452
Cálcio	Ca	0,001011
Fósforo	P	0,09694
pH	pH	0,005922

Modelo selecionado- Escala da Paisagem com Buffer de 500m

$$\text{Acari500}= \beta_0 + \beta_1 \text{ Mata} + \beta_2 \text{ Gram} + \beta_3 \text{ Ban} + \beta_4 \text{ Cultv} + \beta_5 \text{ SE} + \beta_6 \text{ Const}$$

$\Delta AICc= 0$ $AICcWi= 1$

Continua...

Continuação da Tabela 10.

Modelo Nulo

$$\text{Acarie}_{500} = \beta_0$$

$$\Delta\text{AICc} = 825 \text{ AICcWi} = 0$$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	4,188
Mata	Mata	-41,84
Gramíneas	Gram	-41,81
Bananal	Ban	-41,84
Outros Cultivos	Cultv	-41,82
Solo Exposto	SE	-41,7
Área Construída	Const	-41,85

Modelo selecionado 1-- Escala da Paisagem com Buffer de 250m

$$\text{Acarie}_{250} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ban} + \beta_2 \text{Const} + \beta_3 \text{Gram}$$

$$\Delta\text{AICc} = 0 \text{ AICcWi} = 0,105$$

Modelo selecionado 2-- Escala da Paisagem com Buffer de 250m

$$\text{Acarie}_{250} = \beta_0 + \beta_1 \text{Const} + \beta_2 \text{Gram} + \beta_3 \text{SE}$$

$$\Delta\text{AICc} = 0 \text{ AICcWi} = 0,105$$

Modelo nulo

$$\text{Acarie}_{250} = \beta_0$$

$$\Delta\text{AICc} = 198 \text{ AICcWi} = 0$$

Parâmetros	Termo	Coeficiente (Modelo 1)	Coeficiente (Modelo 2)
Intercepto	Intercepto	4,689	4,689
Bananal	Ban	0,05056	
Área Construída	Const	0,00796	0,00796
Gramíneas	Gram	-0,2328	-0,2328
Solo Exposto	SE		0,05056

No caso de Chilopoda, um dos grupos da mesofauna selecionados pela análise NMDS, para avaliação da influência dos atributos de solo, o que representa a escala local de influência do ambiente, o modelo nulo foi rejeitado. O modelo selecionado inclui os atributos areia e pH, sendo este último com coeficiente negativo e de maior módulo. Sendo assim, o modelo indica que a ocorrência de Chilopoda está mais fortemente associada ao pH, variando de maneira inversa, ou seja, quanto maior o pH, menor a ocorrência de Chilopoda (Tabela 11).

Na escala da paisagem, tanto na escala de 500 m, quanto de 250 m, o modelo nulo não foi rejeitado, utilizando-se o critério de Akaike < 2. Dessa forma, não é possível afirmar que as diferentes feições da paisagem influenciaram na ocorrência de Chilopoda.

Tabela 11. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Chilopoda no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.

Modelo selecionado- Escala Local		
Chilopodael = $\beta_0 + \beta_1$ Areia + β_2 pH		$\Delta\text{AICc}= 0$ AICcWi= 0,099
Modelo Nulo		
Chilopodael = β_0		$\Delta\text{AICc}= 4,87$ AICcWi= 0,009
Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	0,629
Areia	Areia	0,006329
pH	pH	-1,0360
Escala da Paisagem com Buffer de 500m		
Chilopodael500 = β_0		$\Delta\text{AICc}= 2,0$ AICcWi= 0,028 O modelo nulo não foi rejeitado
Escala da Paisagem com Buffer de 250m		
Chilopodael250 = β_0		$\Delta\text{AICc}= 1,87$ AICcWi= 0,029 O modelo nulo não foi rejeitado

No caso dos Coleoptera, para a escala local, o modelo nulo foi rejeitado e o modelo selecionado tem como única variável explicativa, o pH. Assim como ocorreu para Chilopoda, o sinal do coeficiente é negativo, indicando que as densidades de Coleoptera tendem a se reduzir conforme aumenta o pH.

No caso dos modelos que avaliam a influência das feições da paisagem, o modelo selecionado na análise da paisagem no buffer de 500 m, apesar de ter um peso elevado (AICcWi= 0,965), não diferencia a influência das feições da paisagem, pois todas têm coeficientes muito semelhantes. Na avaliação da janela de 250 m de buffer, além da rejeição do modelo nulo, foram selecionados dois modelos explicativos, de igual delta de Akaike ($\Delta\text{AICc}= 0$) e peso (AICcWi= 0,124) há uma relação positiva com “Bananal” no modelo 1 e “Solo Exposto” no modelo 2. Em ambos os modelos, há uma interação negativa com a área de gramíneas.

Tabela 12. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Coleóptero no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.

.Modelo selecionado- Escala Local

$$\text{ColeopteraEL} = \beta_0 + \beta_1 \text{ pH}$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,158$

Modelo Nulo

$$\text{ColeopteraEL} = \beta_0$$

$\Delta\text{AICc} = 8,47$ $\text{AICcWi} = 0,002$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	2,7740
pH	pH	-0,5748

Modelo selecionado- Escala da Paisagem com Buffer de 500m

$$\text{Coleoptera}_{E500} = \beta_0 + \beta_1 \text{ Ban} + \beta_2 \text{ Const} + \beta_3 \text{ Cultv} + \beta_4 \text{ Gram} + \beta_5 \text{ Mata} + \beta_6 \text{ SE}$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,965$

Modelo Nulo

$$\text{Coleoptera}_{E500} = \beta_0$$

$\Delta\text{AICc} = 37,86$ $\text{AICcWi} = 0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	14.830
Bananal	Ban	-148,3
Área Construída	Const	-148,3
Outros Cultivos	Cultv	-148,4
Gramíneas	Gram	-148,5
Mata	Mata	-148,4
Solo Exposto	SE	-148,8

Modelo selecionado 1-- Escala da Paisagem com Buffer de 250m

$$\text{Coleoptera}_{E250} = \beta_0 + \beta_1 \text{ Ban} + \beta_2 \text{ Gram}$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,124$

Modelo selecionado 2-- Escala da Paisagem com Buffer de 250m

$$\text{Coleoptera}_{E250} = \beta_0 + \beta_1 \text{ Gram} + \beta_2 \text{ SE}$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,124$

Modelo nulo

$$\text{Coleoptera}_{E250} = \beta_0$$

$\Delta\text{AICc} = 31,83$ $\text{AICcWi}=0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente (Modelo 1)	Coeficiente (Modelo 2)
Intercepto	Intercepto	0,06985	0,06985
Bananal	Ban	0,84970	
Gramíneas	Gram	-0,7136	-0,7136
Solo Exposto	SE		0,84970

Para os colêmbolos Entomobryomorpha, um dos grupos mais abundantes nas diferentes áreas avaliadas, em todas as escalas de avaliação o modelo nulo foi rejeitado. O modelo selecionado para escala local, com $\Delta\text{AICc} = 0$ e peso $\text{AICcWi} = 0,969$, inclui na equação todos os atributos do solo previamente selecionados pela análise de componentes principais. Areia, carbono, cálcio e pH com coeficientes negativos, enquanto fósforo e umidade com coeficientes

positivos no modelo. O coeficiente de maior módulo foi o pH, demonstrando que apesar do modelo que melhor explica a distribuição de Entomobryomorpha conter todos os atributos, o pH tem maior relevância (Tabela 13).

Considerando-se a influência da paisagem, os modelos nulos foram rejeitados para as análises relativas aos buffers de 500 m e 250 m. Para a escala de 500 m, o modelo selecionado engloba todas as variáveis da paisagem e com coeficientes negativos e numericamente muito semelhantes. Assim como ocorreu para os grupos da mesofauna do solo, é provável que esta escala seja grande demais para fornecer elementos de compreensão da distribuição de Entomobryomorpha.

No caso da escala da paisagem com buffer de 250 m foram selecionados dois modelos explicativos, que assim como já ocorreu para Acari e Coleoptera, os dois modelos diferem porque em um deles é inserido o termo “Bananal” e no outro o termo “Solo Exposto”, exatamente com os mesmos coeficientes. No entanto, as feições com maior relevância foram gramíneas (-0,7718) e outros cultivos (0,75630). As feições “Área Construída” e “Mata” também compõem o modelo, embora com menores coeficientes (Tabela 13).

Tabela 13. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Entomobryomorpha no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.

Modelo selecionado- Escala Local

$$\text{Entomobryomorpha}_{EL} = \beta_0 + \beta_1 \text{Areia} + \beta_2 C + \beta_3 Ca + \beta_4 P + \beta_5 pH + \beta_6 Umi$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,969$

Modelo Nulo

$$\text{Entomobryomorpha}_{EL} = \beta_0$$

$\Delta\text{AICc} = 1765$ $\text{AICcWi} = 0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	9,509
Areia	Areia	-0,003713
Carbono	C	-0,08513
Cálcio	Ca	-0,1672
Fósforo	P	0,001673
pH	pH	-0,7241
Umidade	Umi	0,02026

Modelo selecionado- Escala da Paisagem com Buffer de 500m

$$\text{Entomobryomorpha}_{E500} = \beta_0 + \beta_1 Ban + \beta_2 Const + \beta_3 Cultv + \beta_4 Gram + \beta_5 Mata + \beta_6 SE$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,969$

Continua...

Continuação da Tabela 13.

Modelo Nulo

$$\text{Entomobryomorpha}_{E500} = \beta_0$$

$$\Delta AICc = 1765 \quad AICcWi = 0$$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	17,340
Bananal	Ban	-173,4
Área Construída	Const	-173,4
Outros Cultivos	Cultv	-172,8
Gramíneas	Gram	-173,6
Mata	Mata	-173,3
Solo Exposto	SE	-174,8

Modelo selecionado 1-- Escala da Paisagem com Buffer de 250m

$$\text{Entomobryomorpha}_{E250} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ban} + \beta_2 \text{Const} + \beta_3 \text{Cultv} + \beta_4 \text{Gram} + \beta_5 \text{Mata}$$

$$\Delta AICc = 0 \quad AICcWi = 0,332$$

Modelo selecionado 2-- Escala da Paisagem com Buffer de 250m

$$\text{Entomobryomorpha}_{E250} = \beta_0 + \beta_1 \text{Const} + \beta_2 \text{Cultv} + \beta_3 \text{Gram} + \beta_4 \text{Mata} + \beta_5 \text{SE}$$

$$\Delta AICc = 0 \quad AICcWi = 0,332$$

Modelo nulo

$$\text{Entomobryomorpha}_{E250} = \beta_0$$

$$\Delta AICc = 1808 \quad AICcWi = 0$$

Parâmetros	Termo	Coeficiente (Modelo 1)	Coeficiente (Modelo 2)
Intercepto	Intercepto	-4,2950	-4,2950
Bananal	Ban	-0,1547	
Área Construída	Const	0,1061	0,1061
Outros Cultivos	Cultv	0,75630	0,75630
Gramíneas	Gram	-0,7718	-0,7718
Mata	Mata	0,08107	0,08107
Solo Exposto	SE		-0,1547

Na escala local, as densidades de colêmbolos Poduromorpha variaram positivamente com os atributos do solo areia, pH e umidade e negativamente com o cálcio. Mais uma vez o pH se destaca sendo o atributo com maior valor numérico do coeficiente (Tabela 14). No entanto, no caso de Poduromorpha esta relação é positiva, ou seja, há a tendência de aumento das densidades conforme aumenta o pH do solo das áreas avaliadas.

Com relação às feições da paisagem que interferem na ocorrência de Poduromorpha, o modelo selecionado na análise para a escala de 500 m, inclui as variáveis “Área Construída” e “Solo Exposto”, enquanto modelo selecionado na análise da escala de 250 m inclui apenas “Área Construída” (Tabela 14). Em ambos os casos o coeficiente é positivo, indicando que as densidades de Poduromorpha respondem positivamente às feições características de áreas mais urbanizadas.

Tabela 14. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta\text{AICc} < 2$) para explicar os níveis de densidade de Poduromorpha no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.

Modelo selecionado- Escala Local

$$\text{Poduromorphael} = \beta_0 + \beta_1 \text{Areia} + \beta_2 \text{Ca} + \beta_3 \text{pH} + \beta_4 \text{Umi}$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,282$

Modelo Nulo

$$\text{Poduromorphael} = \beta_0$$

$\Delta\text{AICc} = 35,24$ $\text{AICcWi} = 0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	-11,24
Areia	Areia	0,008108
Cálcio	Ca	-0,2375
pH	pH	0,9696
Umidade	Umi	0,07277

Modelo selecionado- Escala da Paisagem com Buffer de 500m

$$\text{Poduromorphae}_{500} = \beta_0 + \beta_1 \text{Const} + \beta_2 \text{SE}$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,092$

Modelo Nulo

$$\text{Poduromorphae}_{500} = \beta_0$$

$\Delta\text{AICc} = 12,23$ $\text{AICcWi} = 0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	-0,7072
Área Construída	Const	0,01447
Solo Exposto	SE	0,2402

Modelo selecionado -Escala da Paisagem com Buffer de 250m

$$\text{Poduromorphae}_{250} = \beta_0 + \beta_1 \text{Const}$$

$\Delta\text{AICc} = 0$ $\text{AICcWi} = 0,160$

Modelo nulo

$$\text{Poduromorphae}_{250} = \beta_0$$

$\Delta\text{AICc} = 22,90$ $\text{AICcWi} = 0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente (Modelo 1)
Intercepto	Intercepto	-0,2481
Área Construída	Const	0,02234

As minhocas foram o único grupo da macrofauna avaliado, escolhido por serem o grupo da fauna do solo mais amplamente reconhecido pelos agricultores como benéfico ao solo. Essa amostragem dirigida teve a intencionalidade de utilizar este grupo também como uma ferramenta de diálogo com os agricultores urbanos e foram observadas em 14 das 15 áreas amostradas.

Na avaliação das influências do solo e da escala da paisagem sobre a ocorrência de minhocas, em todos os casos, o modelo nulo foi rejeitado, evidenciando que tanto o uso do solo como as feições da paisagem contribuem para diferenças nas densidades desses invertebrados.

O modelo selecionado na análise da escala local, os atributos carbono e pH foram as únicas variáveis selecionadas, ambas com coeficiente negativo (Tabela 15).

O modelo selecionado na análise da influência da paisagem com buffer de 500 m, todas as feições foram incluídas no modelo, com coeficientes negativos e muito semelhantes. Este padrão já foi observado também para Coleoptera e Entomobryomorpha e aparentemente não contribui para a explicação da ocorrência destes grupos, o que provavelmente significa que esta escala não é a mais adequada para a avaliação da ocorrência destes grupos.

No caso da análise da contribuição das feições da paisagem a escala de 250 m, há a inclusão com coeficiente negativo das feições “Área Construída”, “Outros Cultivos” e “Mata” e a feição “Gramíneas” com coeficientes positivos e maior valor numérico. Isto significa que há uma tendência de uma maior densidade de minhocas em áreas com maior cobertura por gramíneas, o que não significa que a conversão de florestas e pastagens em áreas de gramíneas seja benéfica, mas no geral foi o padrão encontrado nesse estudo. (Tabela 15).

Tabela 15. Resultados dos modelos GLM selecionados ($\Delta AICc < 2$) para explicar os níveis de densidade de Oligochaeta (minhocas) no solo + serrapilheira nas áreas de agricultura urbana do Zona Oeste do Rio de Janeiro, na escala local (solo), e escala da paisagem com buffer de 500 m e 250 m. Abaixo dos modelos estão especificadas as variáveis independentes, o termo utilizado no modelo, seus respectivos coeficientes.

Modelo selecionado- Escala Local

$$Oligochaeta_{EL} = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 pH$$

$\Delta AICc = 0$ $AICcWi = 0,220$

Modelo Nulo

$$Oligochaeta_{EL} = \beta_0$$

$\Delta AICc = 39,2$ $AICcWi = 0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	5,085
Carbono	C	-0,3174
pH	pH	-0,41

Modelo selecionado- Escala da Paisagem com Buffer de 500m

$$Oligochaeta_{E500} = \beta_0 + \beta_1 Ban + \beta_2 Const + \beta_3 Cultv + \beta_4 Gram + \beta_5 Mata + \beta_6 SE$$

$\Delta AICc = 0$ $AICcWi = 0,334$

Modelo Nulo

$$Oligochaeta_{E500} = \beta_0$$

$\Delta AICc = 32,42$ $AICcWi = 0$

Parâmetros	Termo	Coeficiente
Intercepto	Intercepto	4,424
Bananal	Ban	-44,28
Área Construída	Const	-44,26
Outros Cultivos	Cultv	-44,11
Gramíneas	Gram	-44,26
Mata	Mata	-44,23
Solo Exposto	SE	-44,06

Continua...

Continuação da Tabela 15.

Modelo selecionado 1-- Escala da Paisagem com Buffer de 250m

Oligochaeta_{E250}= $\beta_0 + \beta_1$ Const + β_2 Cultv + β_3 Gram + β_4 Mata

$\Delta AICc= 0$ AICcWi= 0,324

Modelo nulo

Oligochaeta_{E250}= β_0

$\Delta AICc= 64,51$ AICcWi=0

Parâmetros	Termo	Coeficiente (Modelo 1)
Intercepto	Intercepto	2,416
Área Construída	Const	-0,0607
Outros Cultivos	Cultv	-0,2311
Gramíneas	Gram	0,3342
Mata	Mata	-0,021230

5 DISCUSSÃO

Os cenários futuros projetados para as cidades a partir dos impactos das mudanças climáticas têm promovido um amplo debate sobre que medidas devem ser tomadas para que as áreas urbanas se tornem mais resilientes. Eventos extremos que englobam ondas de calor, secas prolongadas, chuvas e enchentes excepcionais têm se tornado cada vez mais frequentes trazendo prejuízos econômicos, danos à infraestrutura, impactos sobre saúde pública e saúde mental, além das irreparáveis perdas de vidas humanas (IPCC, 2022).

A agricultura urbana é listada como uma das estratégias para uma adaptação às mudanças climáticas baseada em ecossistemas (IPCC, 2022) ou como uma solução baseada na natureza, uma vez que apresenta potencial para mitigar os efeitos das mudanças climáticas ao mesmo tempo que provê múltiplos benefícios, como segurança alimentar e conexão das pessoas com a natureza (KINGSLEY et al., 2021). Essa associação entre natureza e mitigação está fundamentada no fato de que a biodiversidade é capaz de modificar estruturas e fluxos do ambiente, provendo diferentes tipos de benefícios às sociedades, reconhecidos como serviços ecossistêmicos. A fauna do solo é capaz, através da sua participação na regulação dos processos ecossistêmicos, de prover serviços ecossistêmicos em escalas maiores do que esses invertebrados podem ser percebidos no ambiente. Tais efeitos vão desde parcelas com determinados tipos de uso até a escala de paisagem e microbacias (LAVELLE et al., 2006).

No caso deste estudo, as populações de diferentes grupos da mesofauna e de minhocas, sem dúvida, são capazes de influenciar nos processos ecossistêmicos relativos à decomposição, ciclagem de nutrientes, estoque de matéria orgânica, entre outros. Tal fato pode ser explicado as densidades observadas no caso da mesofauna encontrarem-se em uma faixa de variação semelhante a outros estudos em ambientes florestais antropizados (DIAS et al., 2022). A dominância de Acari e Collembola é uma constante independentemente do uso da terra e do bioma. Buch et al. (2015) ao compararem a comunidade da fauna do solo de uma floresta urbana em Duque de Caxias (RJ) com a de uma floresta preservada também no Estado do Rio de Janeiro, observaram que em ambos os casos os Acari eram o grupo dominante, seguidos pelos Collembola. O mesmo padrão foi observado para um gradiente de ambientes antropizados e conservados em um parque municipal em Maceió (AL) (DIAS et al., 2022). No entanto, há situações em que os Collembola, em especial os Entomobryomorpha podem ocorrer em densidades superiores às dos Acari, tanto em fragmentos florestais quanto em sistemas agroflorestais (MARTINS et al., 2019).

No gradiente avaliado neste estudo, a área de Mata Atlântica utilizada como referência apresentou a maior densidade ($83.085 \text{ ind.m}^{-2}$) e riqueza (13 grupos) da mesofauna e uma dominância de Collembola Entomobryomorpha, seguida por Acari. De acordo com Tresch et al. (2019) as densidades de Collembola tendem a aumentar em gradientes de que vão de sistemas agrícolas para ambientes florestais.

As densidades e riqueza das demais áreas variaram de modo a não ser possível associar o cultivo principal como o principal fator determinante da estrutura da comunidade. Em termos de grupos dominantes, nos cultivos, de maneira geral, Acari foram dominantes, seguidos por Entomobryomorpha e Formicidae. Outros grupos como Isopoda, Coleoptera, Poduromorpha e Sternorrhyncha foram relativamente importantes em algumas situações específicas. No caso das hortas, em que a expectativa era de que fossem os ambientes mais antropizados e, portanto, com comunidades menos abundantes e diversas, a densidades variaram de $21.351 \text{ ind.m}^{-2}$ (A14) a $69.927 \text{ ind.m}^{-2}$ (A15) e a riqueza variou de 8 (A2) a 12 grupos (A14). Sendo assim, nesses ambientes de horta, as comunidades de mesofauna foram abundantes e relativamente diversas, o que já fornece um indicativo de que estes ambientes, mesmo com elevado grau de antropização, são capazes de funcionar como refúgio para essa biodiversidade.

No caso dos bananais, o uso mais frequente dentre as áreas avaliadas, a variação de densidades e riquezas foi ainda maior, variando de 6.962 ind.m⁻² (A13) a 61.468 ind.m⁻² (A5) e 5 grupos em A6 a 12 grupos (A5, A7 e A9). Interessante destacar que A13 apresentou tanto densidade quanto riqueza relativamente baixas, apesar de ser muito próxima da floresta de referência. Outra observação importante é que a variação da riqueza média foi semelhante à da riqueza total e que não houve uma relação direta entre maior ou menor número de indivíduos e maior ou menor riqueza. Isto demonstra que diferentes fatores podem estar influenciando a comunidade da mesofauna em cada área, tanto em nível local quanto por influência da paisagem circundante.

No caso da densidade e biomassa de minhocas, as faixas de variação encontradas neste estudo são semelhantes ou estão contidas nas faixas de variação de outros estudos em áreas de agricultura urbana em outros países (TÓTH et al., 2020), como também em áreas de cultivos perenes no Paraná (BARTZ et al., 2009). Uma grande dificuldade de comparação desses resultados é o fato de não existirem trabalhos que avaliem a fauna de solo em áreas de agricultura urbana em áreas de entorno de florestas tropicais úmidas. Sendo assim, os trabalhos de avaliação de fauna em áreas verdes urbanas de outras latitudes e ambientes contribuem muito pouco para a discussão dos resultados deste estudo. No entanto, estudos recentes trazem evidências de que a densidade e biomassa, ou seja, o nível de presença dos organismos está relacionado à intensidade de regulação que promovem nos processos ecossistêmicos. Sendo assim, pode-se assumir que os grupos Acari, Entomobryomorpha, Formicidae e Oligochaeta potencialmente impactam processos de decomposição, ciclagem de nutrientes e formação de agregados nos solos das áreas de estudo (KAMAU et al., 2020). Tudo isso por sua vez, em conjunto atuam na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Todos os argumentos anteriormente apresentados demonstram que é importante a manutenção da biodiversidade do solo em áreas verdes urbanas, incluindo-se as áreas de agricultura urbana e periurbana. A partir das análises multivariadas utilizadas neste estudo foi possível determinar que variáveis do solo, representando a escala local e variáveis da paisagem foram relevantes para a ocorrência e abundância dos grupos mais representativos da fauna de solo.

Dos atributos do solo analisados, a análise de componentes principais (ACP) selecionou os teores de areia, cálcio, fósforo e carbono; os percentuais de umidade e os valores de pH como os que melhor explicavam a distribuição dos diferentes grupos da fauna de solo. As variáveis da paisagem, representadas por percentuais de Mata, Gramíneas, Bananal, Outros Cultivos, Solo Exposto e área Construída foram selecionadas pela ACP como relevantes tanto para as janelas da paisagem com 500 m e 250 m de raio em relação aos centroides das áreas avaliadas.

Em relação à escala local, as abundâncias de Acari e Entomobryomorpha são explicadas por todos os atributos selecionados na ACP. No entanto, no caso dos Acari, Carbono e Umidade têm os maiores coeficientes e apresentam sinal negativo, ou seja, uma influência ou relação inversa. Para Entomobryomorpha, os maiores coeficientes e também com sinal negativo são de Cálcio e pH (Tabela 15).

É importante observar que o pH compõe os modelos de todos os grupos, podendo ser considerada uma variável de grande interesse nos estudos da fauna de solo. Para os grupos Entomobryomorpha, Chilopoda, Coleoptera e Oligochaeta, a relação com o pH é inversa, demonstrando que conforme aumenta o pH do solo, diminuem as densidades desses grupos. Diversos autores têm relatado relações entre o pH e os diferentes grupos da fauna de solo, em particular Acari, Collembola e Oligochaeta (BIRKHOFER et al., 2012). Alguns estudos relacionam a maior ocorrência de Collembola com valores de pH ácidos ou sub-neutros (FERREIRA et al., 2018). Essa relação muito comum entre a ocorrência de Acari e Collembola em pH mais baixos pode ser consequência do maior desenvolvimento de fungos nesta faixa de pH (MANU et al., 2016).

Tabela 16. Síntese das variáveis das diferentes escalas que influenciaram na ocorrência e abundância dos grupos da fauna de solo mais relevantes nas diferentes áreas de agricultura urbana estudadas na Zona Oeste do Rio de Janeiro.

Escala Local						
Variáveis	Acari	Chilopoda	Coleoptera	Entomobryomorpha	Poduromorpha	Oligochaeta
Areia	X	X		X	X	
Carbono	X			X		X
Cálcio	X			X	X	
Fósforo	X			X		
Umidade	X			X	X	
pH	X	X	X	X	X	X
Escala 250 m						
Variáveis	Acari	Chilopoda	Coleoptera	Entomobryomorpha	Poduromorpha	Oligochaeta
Mata				X		X
Gramíneas	X		X	X		X
Bananal	X		X	X		
O. Cultivos				X		X
S. Exposto	X		X	X	X	
Ár. Const.				X		X
Escala 500 m						
Variáveis	Acari	Chilopoda	Coleoptera	Entomobryomorpha	Poduromorpha	Oligochaeta
Mata	X		X	X		X
Gramíneas	X		X	X		X
Bananal	X		X	X		X
O. Cultivos	X		X	X		X
S. Exposto	X		X	X	X	X
Ár. Const.	X		X	X	X	X

Duas variáveis que muito frequentemente são associadas a maiores densidades e diversidade da fauna do solo são o carbono orgânico e a umidade do solo, que apresentam uma associação direta. No caso do carbono, os coeficientes foram sempre negativos, sugerindo uma relação inversa, o que em teoria não faz muito sentido, já que a literatura relata que frequentemente, mas não sempre, esta relação é positiva (MANU et al., 2016).

No caso da umidade, em que também é esperada uma relação positiva, esta foi observada para os grupos de Collembola, Entomobryomorpha e Poduromorpha. Embora, a disponibilidade de água seja importante para a fauna do solo, em ambientes em que recorrente se observa um stress hídrico pode levar a seleção de grupos com caracteres morfológicos e fisiológicos que os tornem capazes de suportar estas condições (KAMAU et al., 2020).

A influência das características da paisagem circundante às áreas de agricultura urbana teve uma forte influência sobre as densidades da fauna de solo, mas esta relação só é clara na escala do buffer de 250 m. Isto porque na escala do buffer de 500 m, para os grupos Acari, Coleoptera, Entomobryomorpha e Oligochaeta, todas as variáveis foram selecionadas para os modelos com coeficientes e sinais muito semelhantes. Isso significa, de maneira simplificada, que todas as variáveis explicam as densidades desses grupos com o mesmo peso, o que não é factível. Dessa forma, mesmo que um modelo tenha sido selecionado pelo critério do Akaike < 2, tal modelo não representa de maneira consistente a distribuição desses grupos da fauna.

No entanto, no caso do buffer de 250 m, destaca-se o percentual com cobertura de gramíneas como a variável da paisagem que mais esteve presente nos modelos e com valores elevados dos coeficientes. No caso de Acari, Coleoptera e Entomobryomorpha, o sinal foi

sempre negativo, mostrando uma relação inversa, enquanto para Oligochaeta o coeficiente apresentava valor positivo. Essa associação positiva entre as minhocas e ambientes com gramíneas já é bem conhecida e relatada em diferentes latitudes (BIRKHOFER et al., 2012).

No caso de Poduromorpha, a associação com um maior percentual de área construída pode indicar que as espécies deste grupo amostradas neste estudo são mais adaptadas a uma maior antropização. Alguns estudos mostram que nem sempre um maior grau de antropização é capaz de alterar as densidades de algumas espécies de Collembola (RZESZOWSKI, 2017).

Avaliar a mesofauna do solo e as minhocas neste gradiente de áreas de agricultura urbana na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro permitiu observar que tais áreas são importantes para a manutenção desta biodiversidade e contribuiu para elucidar a relação de variáveis do solo e da paisagem com os principais grupos. Espera-se que tais conhecimentos possam ajudar a valorização da agricultura urbana, não só como fonte de alimento e renda, mas também como um ativo ambiental.

6 CONCLUSÕES

As áreas de agricultura urbana da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro apresentaram comunidades da mesofauna do solo abundantes e diversas, confirmado a hipótese de que tais áreas se constituem em ambiente de preservação da biodiversidade do solo.

Fatores do solo, como os teores de areia, cálcio, carbono, fósforo, umidade, mas principalmente o pH são determinantes das densidades dos principais grupos da fauna de solo, que neste estudo foram Acari, Chilopoda, Coleoptera, Entomobryomorpha, Poduromorpha e Oligochaeta.

As feições da paisagem no entorno das áreas em um raio de 250 m também impactam nas densidades dos principais grupos da fauna de solo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADHIKARI, K.; HARTEMINK, AL, E. Linking soils to ecosystem services- A global review. **Geoderma**, 2016.
- ALMEIDA, B. G. DE; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. G. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEIXEIRA, W. G.; **Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 11p. (Comunicado Técnico, 66)
- ALMEIDA, D. Agricultura Urbana e Segurança Alimentar em Belo Horizonte: cultivando uma cidade sustentável. **Agriculturas – Experiências em Agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 0, p. 25-28, 2004.
- ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R de L. D; GUERRA, J.G. M. Sistema Integrado de Produção Agroecológica (“Fazendinha Agroecológica km 47”). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS, 1. 1998, Vitória. **Anais...** Vitória: EMCAPA, p. 77-94, 1998.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia - A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- ALVES, M.V; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.33-43, 2006.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2^a Ed. Wallingford: CAB International, 1993.
- ANGOLD, P.G; SANDLER, J.P; HILL, M.O; PULLIN, A.; RUSHTON, S.; AUSTIN, K.; SMALL, E.; WOOD, B.; WADSWORTH, R.; SANDERSON, R.; THOMPSON, K. Biodiversity in urban habitat patches. **Science of the Total Environment** 360(2006) 196-204
- AQUINO, A. M; ASSIS, R. L. Agricultura Orgânica em Áreas Urbanas e periurbano com base na agroecologia, **Ambiente & Sociedade**, Campinas v. X, n. 1, p. 137-150, 2007.
- AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; BADEJO, M. A. **Amostragem da mesofauna edáfica utilizando funis de berlese-tüllgren modificado**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4 p. (Circular Técnica, 17).
- AQUINO, A. M.; MONTEIRO, D. Agricultura urbana. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (eds). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa, 2005.
- ASSAD, M.L.L. Fauna do Solo. In: VARGAS, M.A.T, HUNGRIA, M. (eds). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa Soja, 1997.
- ASSIS, R. L. de; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e Agricultura Orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 6, p. 67-80, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457/2016- Amostras de solo-preparação para ensaios de compactação: métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BALIEIRO, F. de C.; CAPECHE, C. L; STUCHI, J. F “**Comunidades Quilombolas do Maciço da Pedra Branca preservam o solo da maior Floresta Urbana do planeta e incrementam seus estoques de carbono do solo**”, 2023.

BAQUERIZO, D.; REICH, M. P. B.; TRIVEDI, C.; ELDRIDGE, D. J; ABADES, S.; ALFARO, F. D.; BASTIDA, F. “Multiple Elements of Soil Biodiversity Drive Ecosystem Functions across Biomes”. **Nature Ecology & Evolution**, v. 4, nº 2 (3 de fevereiro de 2020): p. 210–20. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1084-y>

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P; BERTOL, I; ALVES, M. V; MANFOI, A. F; BARETTA, C. R. D. M. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agro veterinárias**, v.5, n 2, p. 108- 117,2006.

BARTONÍK, K. **MuMIn: multi-model inference**. 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>>. Acesso em: 25 set. 2020.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; FERNANDES, J. D. O.; CURMI, P.; DORIOZ, J.; RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 928–933, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800019>

BATITUCCI, T. D O.; CORTINES, E.; ALMEIDA, F. S.; ALMEIDA, A. A. A Agricultura Em Ecossistemas Urbanos: Um Passo Para A Sustentabilidade Das Cidades1. **Ambient. soc.**, v. 22 , 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc0277r3vu19l4ao>.

BIRKHOFER, K.; SCHÖNING, I.; ALT, F.; HEROLD, N.; KLARNER, B.; MARAUN, M.; MARHAN, S.; OELMANN, Y.; WUBET, T.; YURKOV , A.; BEGEROW, D.; BERNER,D.; BUSCOT, F.; DANIEL, R.; DIEKOÖTTER , T.; EHNES , R. B.; ERDMANN . G.; FISCHER, C.; FOESEL, B.; GROH , J.; GUTKNECHT, J.; KANDELER, E.; LANG, C.; LOHAUS , G.; MEYER, A.; NACKE, H.; NÄTHER , A.; OVERMANN, J.; POLLE, A.; POLLIERER, M. M.; SCHEU, S.; SCHLOTER, M.; SCHULZE, E. D.; SCHULZE, W.; WEINERT, J.; WEISSER, W. W.; WOLTERS, V.; SCHRUMPF, M. General Relationships between Abiotic Soil Properties and Soil Biota across Spatial Scales and Different Land-Use Types. **PLoS ONE**, v. 7, n. 8, p. e43292, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043292>

BOZDOGAN, H. Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): the general theory and its analytical extensions. **Psychometrica**, n. 52, p. 345-370, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02294361>.

BROWN, G. G; GABRIAC, Q. Fauna edáfica e epiedáfica em Florestas com Araucária.In: SOUSA, V. A. de; FRITZSONS, E.; PINTO JUNIOR, J. E.; AGUIAR, A. V. de (ed.). **Araucária: pesquisa e desenvolvimento no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 7, p. 121-147.

BROWN, G. G; SILVA, E. da; THOMAZINI, M. J; NIVA, C. N.; DECAËNS, T.; CUNHA, L. F. N; NADOLNY, H.; DEMETRIO, W.; SANTOS, A.; FERREIRA, T.; MAIA, L.; CONRADO, A. C.; SEGALLA, R.; FERREIRA, A. C; PASINI, A; BARTZ, M. L. C; SAUTTER, K. D; JAMES, S. W; BARETTA, D; ANTONIOLLI, Z. I; LAVELLE, P; BRIONES, M. J. I; SOUSA, J. P; RÖMBKE, J; LAVELLE, P. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L.M; GARCIA,J.R;OLIVEIRA,E.B.de; BROWN, G.G; PRADO, R.B.(ed). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p121-154

BROWN, G.G; PASINI, A.; BENITO, N.P; AQUINO, A.M de; CORREIA, M.E.F. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. **I: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGING BIODIVERSITY IN AGRICULTURAL ECOSYSTEMS,2001**, Montreal. (Proceedings). Montreal: UNU, 2001. Available at: <http://unu.edu/env/cbd/abstracts/Brown.doc>

BUCH, A. C.; CORREIA, M. E. F.; TEIXEIRA, D. C.; SILVA-FILHO, E. V. Characterization of soil fauna under the influence of mercury atmospheric deposition in Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Environmental Sciences**, v. 32, p. 217–227, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.01.009>

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretical approach. New York: **Springer-Verlag**, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/b97636>.

CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N. Mecânica dos solos e suas aplicações. 7. ed. **Rev. e Ampl.** Rio de Janeiro: LTC, 2017.

CINCOTTA, R. P; WISNEWSKI, J; ENGELMAN, R. Human population in the biodiversity hotspots. **Nature**, 404, 990–992. (2000)

COMPANIONI, N.; PÁEZ, E.; OJEDA, Y.; MURPHY, C. La agricultura urbana en Cuba. In: FUNES, F.; GARCÍA, L.; BOURQUE, M.; PÉREZ, N.; ROSSET, P. (Ed.) Transformando el campo cubano. La Habana: ACTAF, Cuba, 2001. p. 93-110.

CORRÊA, A. M. O sertão carioca. Rio de Janeiro: **Imprensa Nacional**,1936.

CORREIA, M. E. F.; MOREIRA, J. F.; REIS, L. L.; CAMILO, F. L.; RODRIGUES, K. M.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; CHAER, G. M.; RESENDE, A. S. Fauna edáfica no processo de revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. Ci, Fl, **Santa Maria**, v. 30, n. 4, p.1048-1060, out/dez 2020. Doi: <https://doi.org/105902/1980509839276>

COSTA, N. M. da; COSTA, V. C. da; CONCEIÇÃO, R. S. da; RIBEIRO, J. V. M. Fragilidade ecoturística em áreas de atrativos no Parque Estadual da Pedra Branca (RJ). **Geo UERJ**, v. 1, n. 19, p. 138-160, 2009.

CURAN, R.M; MARQUES, P.E.M. “Multifuncionalidade da agricultura urbana e periurbana: uma revisão sistemática”. **Estudos Avançados**, v. 35, nº 101 (abril de 2021): p. 209–24. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.013>.

DEQUIEDT, S.; SABY, N. P. A; LELIEVRE, M.; JOLIVET, C.; THIOULOUSE, J.; TOUTAIN, B; ARROUAYS, D.; BISPO, A.; LEMANCEAU, P.; RANJARD, L., 2011. Padrões biogeográficos da biomassa microbiana molecular do solo influenciados pelas características e manejo do solo. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, p. 641–652. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00628.x>.

DIAS, D. D. S.; LIMA, R. W. S. D.; SILVA, C. A. R. D.; SANTOS, É. M. D. C.; GOMES, D. L.; ARAUJO, K. D. Composition of the Edaphic Mesofauna in Three Environments: Conserved, in Transition and Altered, Atlantic Forest, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 2, p. 736, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.2.p736-749>

DINDAL D. Soil biology guide. New York: **John Wiley and Sons**; 1990.

EICHEMBERG, M. T.; AMOROZO, M. C. d M. Contributions of the old urban homegardens for food production and consumption in Rio Claro, Southeastern Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 8, n. 3, p. 745-755, set.-dez. 2013.

EMBRAPA. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição, animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.

EMBRAPA. **Mapa Semidetalhado de Solos do Rio de Janeiro em escala 1:75.000**. 2004. Instituto Estadual do Ambiente (inea.rj.gov.br)

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2019. The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. Rome, **FAO**. <https://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>

FAO, ITPS, GSBI, CBD & EC. 2020. Estado do conhecimento da biodiversidade do solo - Situação, desafios e potencialidades, Relatório 2020. Roma, **FAO**. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

FAO, 2021. Keep soil alive, protect soil biodiversity. Global symposium on soil biodiversity, 19–22 April 2021 – **Outcome document**. Rome, Italy.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 69).

FERRARINI, A.; BINI, C.; AMADUCCI, S. Soil and Ecosystem Services: Current Knowledge and Evidences from Italian Case Studies. **Applied Soil Ecology**, v.123, p. 693-698, 2018.

FERREIRA, A. S.; ROCHA, I. M. D. S.; BELLINI, B. C.; VASCONCELLOS, A. Effects of habitat heterogeneity on epiedaphic Collembola (Arthropoda: Hexapoda) in a semiarid ecosystem in Northeast Brazil. **Zoologia**, v. 35, p. 1–5, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/zootaxa.35.e13653>

FREIRE, L.R; ARAÚJO, E DA S.; BERBARA, R. L.L. Tempo de captura de organismos da mesofauna do solo e seus reflexos na interpretação de índices da comunidade edáfica. **R. Bras. Ci Solo**, 39:p.1282-1291,2015.

GLOBAL SOIL BIODIVERSITY ATLAS. Luxembourg, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

GNAU-GRUPO NACIONAL DE AGRICULTURA URBANA. **Lineamientos para los subprogramas de Agricultura Urbana para el año 2002 y sistema evaluativo**. Cuba: Ministério de Agricultura, 2002. 84 p.

GOLDIN, A. Reassessing the use of the loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 18, n. 10, p. 1111-1116, 1987. <https://dx.doi.org/10.1080/00103628709367886>

GUILLAND, C.; MARON, P.A; DAMAS, O.; RANJARD, L. Biodiversidade de solos urbanos para cidades sustentáveis. **Ambiente. Chem**, 2018. Doi <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0751->

HOFFMANN, R. B; NASCIMENTO, M do S. V.; DINIZ, A. A; ARAÚJO, L. H. A; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil, **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 117-121,2009

HUANG, Y.; YESILONIS, I.; SZLAVECZ, K. "Soil Microarthropod Communities of Urban Green Spaces in Baltimore, Maryland, USA". **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 53. 2020.DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126676>.

IPCC. Summary for Policymakers [H.-O. PÖRTNER, D.C. ROBERTS, E.S. POLOCZANSKA, K. MINTENBECK, M. TIGNOR, A. ALEGRÍA, M. CRAIG, S. LANGSDORF, S. LÖSCHKE, V. MÖLLER, A. OKEM (eds.)]. In: **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [H.-O. PÖRTNER, D.C. ROBERTS, M. TIGNOR, E.S. POLOCZANSKA, K. MINTENBECK, A. ALEGRÍA, M. CRAIG, S. LANGSDORF, S. LÖSCHKE, V. MÖLLER, A. OKEM, B. RAMA (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33, 2022. doi:10.1017/9781009325844.001.

JACOBI, K.; ANDRADE, G.S.; ANDRADE, G.S. Agricultura E Agroecologia: Possibilidades De Um Novo Mercado Sustentável. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, 2020.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCIA, V. P. Relationships between organic carbon and total organic matter in municipal solid wastes and city refuse composts. **Bioresource Technology**, Essex, v. 41, n. 3, p. 265-272, 1992. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/0960-8524\(92\)90012-M](https://dx.doi.org/10.1016/0960-8524(92)90012-M)

JOIMEL, S.; SCHWARTZ, C.; HEDDE, M., KIYOTA, S.; KROGH, P. H.; NAHMANI, J. PERES, G.; VERGNES, A.; CORTEL, J. Os usos urbanos e industriais da terra têm uma qualidade biológica do solo superior à esperada pela qualidade físico-química. **Ciência Ambiente Total**, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.086>.

JOIMEL, S.; SCHWARTZ, C.; MAUREL, N.; MAGNUS, B.; MACHON, N.; BEL, J.; CORTEL, J. Padrões contrastantes de homogeneização de comunidades de plantas e colêmbolos em hortas urbanas. **Ecossistema Urbano**, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00843-z>

JOIMEL, S.; BAPTISTE, G.; CHENU, C.; CHEVAL, P.; MONDY, S.; LEVIÈVRE, M.; AUCLERC, A.; GONOD, L.V. “One Green Roof Type, One Technosol, One Ecological Community”. **Ecological Engineering**, v. 175, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106475>.

JOIMEL, S.; JULES, A.; GONOD, L.V. “Collembola Dispersion, Selection, and Biological Interactions in Urban Ecosystems: A Review”. **Environmental Chemistry Letters**, v. 20, nº 3, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01406-z>.

KAMAU, S.; BARRIOS, E.; KARANJA, N. K.; AYUKE, F. O.; LEHMANN, J. Dominant tree species and earthworms affect soil aggregation and carbon content along a soil degradation gradient in an agricultural landscape. **Geoderma**, v. 359, p. 113983, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113983>

KINGSLEY, J.; EGERER, M.; NUTTMAN, S.; KENIGER, L.; PETTITT, P.; FRANTZESKAKI, N.; GRAY, T.; OSSOLAI, A.; LIN, B.; BAILEY, A.; TRACEY, D.; BARRON, S.; MARSH, P. Urban agriculture as a nature-based solution to address socio-ecological challenges in Australian cities. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 60, p. 127059, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127059>

KLEIN, A.; VASSIÉRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN, D. I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHAMTKE, T. Importância dos polinizadores na mudança de paisagens para as culturas mundiais. **Anais da Royal Society of London. B, Ciências Biológicas**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KORASAKI, V; FERREIRA, R de S.; JÚNIOR, E.de O. C.; FRANÇA, F.; AUDINO, L. D. **Macrofauna. Conhecendo a vida do solo**. Lavras, MG: Editora: UFLA, 2017.52p

KUHN, I.; BRANDL, R.; KLOTZ, S. The flora of German cities is naturally species rich. **Evolutionary Ecology Research**, v. 6, p. 749–764, 2004.

LABELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3–S15, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>

LINS, V.; SANTOS, H.; GONÇALVES, M. C. The effect of the glyphosate, 2,4D, atrazine e nicosulfuron herbicides upon the edaphic collembola (Arthropoda: Ellipura) in a no tillage system. **Neotrop Entomol**, v. 36, n. 261-7, 2007.

MACHADO, A. T. MACHADO, C. T. T. Agricultura Urbana. Documentos 48, Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, Junho, 2002. 25 p.— ISSN 1517-5111.

MADALENO, I. M. **A Cidade das Mangueiras: Agricultura Urbana em Belém do Pará.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, 2002. 193 p.

MANU, M.; IORDACHE, V.; BĂNCILĂ, R. I.; BODESCU, F.; ONETE, M. The influence of environmental variables on soil mite communities (Acari: Mesostigmata) from overgrazed grassland ecosystems – Romania. **Italian Journal of Zoology**, v. 83, n. 1, p. 89–97, 2016. <https://doi.org/10.1080/11250003.2015.1091897>

MARTINS, A. E. de S.; SILVA. M. J. R.; RODRIGUES, J. C.; SILVA, M. R de A. C.; GONÇALVES, M. V. P.; FORMIGA, L. D. A da S. FRANCO, C. L. Levantamento da mesofauna edáfica em áreas de proteção ambiental no Maranhão. Ver. **Geociênc.** Nordeste, Caicó, v. 7, n.1, p. 30-37, 2021

MARTINS, E. M.; SILVA, E. R. D.; CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S. D.; LIMA, S. S. D.; NOBRE, C. P.; CORREIA, M. E. F. O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 632–648, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509829050>

MATEOS, E. **Collembolos (Collembola: Insecta) florestas edáficas de azinheiras da Serra de l'Ova e Serra de Prades (cordilheira pré-costeira catalã). Efeito dos incêndios florestais nestes artrópodes.** Tese de doutorado. Universidade de Barcelona, Faculdade de Biologia, Departamento de Biologia Animal. (1992)

MELO, F. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 34, n.1, p 29-43, 2009

MEYER, S.; RUSTERHOLZ, H.P.; SALAMON, J.A.; BAUR, B. Decomposição de serapilheira e fauna de serapilheira em florestas urbanas: efeito do grau de urbanização e tamanho da floresta. **Pedobiologia (Jena)** v. 78, p. 150609, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2019.150609>.

MORAIS, J. W.; OLIVEIRA, F. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F.M.S; CARES, J.E; ZANETTI, R; STÜRMER, S.L, editores. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal.** Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2013.p.183-200.

NIKULA, S.; VAPAAVUORI, E.; MANNINEN, S. Alterações relacionadas com a urbanização no álamo tremedor (*Populus tremula L.*): características foliares e decomposição da serapilheira. **Ambiente. Poluir,** v. 158, p. 2132–2142, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.02.025>.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de ecologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2007.

OKSANEN, J.; SIMPSON, G. L.; BLANCHET, G. F.; KINTDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P R.; O'HARA, R. B.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOEC, E.; WAGNER, H.; BARBOUR, M.; BEDWARD, M.; BOLKER, B.; BORCARD, D.; CARVALHO, G.; CHIRICO, M.; DE CACERES, M.; DURAND, S.; EVANGELISTA, H B

A.; FITZJOHN,R.; FRIENDLY, M.; FURNEAUX, B.; HANNIGAN, G.; HILL, M. O. ; LAHTI, L.; GLINN, D. M.; OUELLETTE, M. H.; CUNHA, E R.; SMITH, T.; STIER, A.; BRAAK, C. J. F. T.; WEEDON, J. **Vegan: Community Ecology Package. Versão do pacote do R 2.6-2.** Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PARRON, L. M.; GARCIA, J.R; OLIVEIRA, E.B.D; BROWN, G.G; BARDY, R. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**, 2015

PENNA-FIRME, R. P. **Funcionalidade ecológica de um trecho de mata atlântica após incêndio no Maciço da Pedra Branca, RJ.** Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais). Instituto de Florestas – UFRRJ. 73 p. 2003.

POMPERMAIER, V. T.; POTAPOV, A. M.; NARDOTO, G.B. Legacy Effects of Nutrient Addition Reduces and Displaces Trophic Niches in Collembola Communities in a Brazilian Woodland Savanna. **Applied Soil Ecology**, v. 177, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104547>.

POTAPOV, A.M, 2022. Multifuncionalidade das redes alimentares subterrâneas: recursos, tamanho e canais espaciais de energia. Biol. Rev. 2022 <https://doi.org/10.1111/brv.12857>.

POTAPOV, A.; BELLINI, B.; CHOWN, S.; DEHARVENG, L.; JANSSENS, F.; KOVAČ, Ÿ.; KUZNETSOVA, N.; PONGE, J.F.; POTAPOV, M.; QUERNER, P.; RUSSELL, D.; SUN, X.; ZHANG, F.; BERG, M. Rumo a uma síntese global do conhecimento dos colêmbolos: desafios e possíveis soluções. **Solo Org**, v. 92, p. 161–188, 2020a. <https://doi.org/10.25674/so92iss3 pp161>.

POTAPOV, A. M.; SUN, X.; BRIONES, M. J. I.; BROWN, G. G.; CAMERON, E. K.; CHANG, C. H.; CORRET, J.; EISENHAUER, N.; FRANCO, A.; FUJII, S.; GEISEN, S.; GUERRA, C.; GONGALSKY, K.; HAIMI, J.; HANDA, I.T.; JANION-SCHEEPERS, C.; KARABAN, K.; LINDO, Z.; MATHIEU, J.; MORENO, M. L.; MURVANIDZE, M.; NIELSEN, U. N.; SCHEU, S.; SCHNEIDER, C.; SEEBER, J.; TSIAFOULI, M.; TUMA, J.; TIUNOV, A. V.; ZAYTSEV, A. S.; ASCHWOOD, F.; CALLAHAM, M.; WALL, D. H. Global monitoring of soil animal communities using a common methodology. **Soil organisms**, v. 94, p. 55–68. 2022. [HTTPS://DOI.ORG/10.25674/SO94ISS1ID178](https://doi.org/10.25674/SO94ISS1ID178)

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. **Mapa das quatro Regiões Administrativas.** Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/139339/DLFE-242120.pdf/Mapa4RegioesAdministrativas.pdf>> Acesso em 24 agosto 2021.

R: A Language and Environment for Statistical Computing. Versão 4.1.0. Desenvolvido por R Core Team. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2021. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 11 ago. 2022.

RENNER, L.M; VELOSO, G. N; SEGAT, J.C. **A importância da Fauna do Solo**, In Sul Brasil Rural, 2017. Disponível em: <https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/1043/rural_205_15236482339303_1043.pdf>. Acesso em 03/11/2022.

RIBEIRO, S. M.; BÓGUS, C. M.; WATANABE, H. A. W. Agricultura urbana agroecológica

na perspectiva da promoção da saúde. **Saúde e Sociedade**, v.24, n.2, p.730-43, 2015

ROSSI, C. Q; NOBRE, C. P.; COELHO, C. P; BENAZZI, E. S. S; RODRIGUES, K.; CORREIA, M. E. F. Efeitos de diferentes coberturas vegetais sobre a mesofauna edáfica em manejo agroecológico. **R. Bras. Agroecol.**, v. 4: p.1326-1330, 2009.

R STUDIO. **Integrated Development Environment for R**. Desenvolvido por R Studio Team. Boston: R Studio, 2022. Disponível em: <<http://www.rstudio.com>>. Acesso em: 11 ago. 2022

RUSEK, J. Biodiversidade de Collembola e seu papel funcional no ecossistema. **Biodivers. Conserva**, v. 7, p. 1207-1219, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1008887817883>

RZESZOWSKI, K.; ZADROZNY, Ÿ. P.; NICIA, P. O efeito dos gradientes de nutrientes do solo em comunidades de Collembola que habitam espaços verdes urbanos típicos. **Pedobiologia**, v. 64, p. 15– 24, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.06.003>

RZESZOWSKI, K. The effects of anthropogenic disturbances and hydrological activity of a river on soil Collembola communities in an urbanized zone. **European Journal of Soil Biology**, v. 82, p. 116–120, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.09.004>

SANTORUFO, L.; CORTET, J.; ARENA, C.; GOUDON, R.; RAKOTO, A.; MOREL, J.L.; MAISTO, G., Uma avaliação da influência do ambiente urbano nas comunidades de colêmbolos em solos usando abordagens baseadas em taxonomia e características. **Appl. Solo Eco**, v. 78, p. 48–56, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.02.008>

SILVA, J.P.P.D; GAMARSKI, E.A.B. “Campo grande: algumas considerações sobre seu desenvolvimento”. In: **Anais XVI encontro nacional dos geógrafos: crises, práxis e autonomia: espaços de resistências e de esperanças – diálogos e práticas – ENGE 2010**. Porto Alegre - RS, 2010.

SILVA, M.A.A.D.O. “Zona oeste da cidade do rio de janeiro: Entre o rural e o urbano”. **Iluminuras**, v. 18, n. 45, 2017. <https://doi.org/10.22456/1984-1191.79137>.

SOCARRÁS, A. Mesofauna edáfica: indicador biológico da qualidade do solo. **Pastagens e Forrageiras**, v. 36, n. 1, 2013. Gale Academic OneFile, link.gale.com/apps/doc/A448138192/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=e4cf0a3. Acessado em 27 de outubro de 2022.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G.K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W.G; Manual de métodos de análise de solo, Brasília, DF, EMBRAPA e 3^a ed. rev. e ampl., 574 p., 2017.

TÓTH, Z.; SZLAVECZ, K.; SCHMIDT, D. J. E.; HORNUNG, E.; SETÄLÄ, H.; YESILONIS, I. D.; KOTZE, D. J.; DOMBOSF, M.; POUYATG, R.; MISHRAH, S.; CILLIERSH, S.; YARWOODC, S.; CSUZDI, C. Earthworm assemblages in urban habitats across biogeographical regions. **Applied Soil Ecology**, v. 151, p. 103530, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103530>.

TRESCH, S.; FREY, D.; LE BAYON, R.C.; ZANETTA, A.; RASCHE, F.; FLIESSBACH, A.; MORETTI, M. Litter decomposition driven by soil fauna, plant diversity and soil management

in urban gardens. *Sci. Total Environ.*, v.658, 1. 1614–1629, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.235>

TRESCH, S.; FREY, D.; BAYON, R.-C. L.; MÄDER, P.; STEHLE, B.; FLIESSBACH, A.; MORETTI, M. Direct and indirect effects of urban gardening on aboveground and belowground diversity influencing soil multifunctionality. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 9769, 2019.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-46024-y>

WALL, D. H; Nielsen, O. N. U. Biodiversidade e serviços ecossistêmicos: é o mesmo abaixo do solo? *Nat. Educ. Conhecimento*, v. 3, n. 8, 2012.

ZHANG.W.; RICKETTS, T. H; KREMEN, C.; CANEY, K.; SWINTON, S. M. Serviços ecossistêmicos e desserviços para a agricultura. *Economia Ecológica*, v. 64, p. 253-260, 2007. SCHON, N.L.; DOMINATI, E. J. Valuing earthworm contribution to ecosystem services delivery. *Ecosystem Services*, v. 43, p. 101092, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101092>.

ZHUKOV, O.; KUNAKH, O. YORKINA, N.; TUTOVA, A. Response of soil macrofauna to urban park reconstruction. *Soil Ecology Letters*, v. 5, n. 2, p. 220156, 2023.