

# Diversidade de artrópodes edáficos em área cultivada com café em sistema agroflorestal manejado sob os princípios da agricultura natural

*Diversity of edaphic arthropods in an area cultivated with coffee in an agroforestry system managed under the principles of natural agriculture*

Emmeline M. **FRANÇA**<sup>1, 6</sup>; Luiz F. M. **INIESTA**<sup>2</sup>; Antonio D. **BRESCOVIT**<sup>2</sup>; Rodrigo S. **BOUZAN**<sup>3</sup>; Flavio S. M. **FARIAS**<sup>4</sup> & Emanuelle M. B. **SOARES**<sup>5</sup>

## RESUMO

Artrópodes edáficos desempenham papel crucial como bioindicadores da qualidade do solo e da sustentabilidade. Este estudo teve como objetivo investigar parâmetros ecológicos dos artrópodes edáficos das classes Chilopoda, Diplopoda e Arachnida (exceto Araneae) em diferentes usos/manejos do solo. Foram analisados espécimes das classes mencionadas, do solo, provenientes de três tipos de uso/manejo: café em sistema agroflorestal manejado sob os princípios da agricultura natural (SAF<sub>N</sub>), café cultivado em pleno sol convencional (PS<sub>C</sub>) e solo sob mata nativa (M<sub>N</sub>). Os espécimes foram coletados, identificados até o menor nível taxonômico possível e agrupados em morfoespécies para cálculos de riqueza, abundância, dominância e diversidade. Amostraram-se 149 indivíduos, com 22 morfoespécies identificadas. A maior riqueza foi observada no solo de M<sub>N</sub> (16 morfoespécies), seguida por SAF<sub>N</sub> (10) e pelo PS<sub>C</sub> (6). Diplopoda e Acari apresentaram maior riqueza (6 morfoespécies cada). Diplopoda foi mais abundante (98 espécimes), enquanto Acari foi o menos abundante (7 espécimes). Valores próximos de dominância e diversidade foram encontrados entre os usos da terra estudados, com uma tendência de similaridade faunística entre SAF<sub>N</sub> e PS<sub>C</sub>, porém não significativa. No entanto, diferentemente dos solos sob M<sub>N</sub> e SAF<sub>N</sub>, não foi observada a presença das morfoespécies de Opiliones e Acari em PS<sub>C</sub>.

**Palavras-chave:** Arachnida; Diplopoda; fauna do solo; Myriapoda.

## ABSTRACT

Edaphic arthropods play a crucial role as bioindicators of soil quality and sustainability. This study aimed to investigate ecological parameters of edaphic arthropods from the classes Chilopoda, Diplopoda and Arachnida (except Araneae) in different soil uses and management. Soil specimens of the mentioned classes were analyzed from three types of use/management: coffee in an agroforestry system managed in accordance with the principles of natural agriculture (SAF<sub>N</sub>), coffee grown in conventional full sun (PS<sub>C</sub>) and soil under native forest (M<sub>N</sub>). The specimens were collected, identified to the lowest

Recebido em: 24 abr. 2024

Aceito em: 24 jun. 2024

<sup>1</sup> Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Rua Purdue, Campus Universitário – CEP 36570-900, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Laboratório de Coleções Zoológicas, Instituto Butantan, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Pós-Graduação em Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil.

<sup>4</sup> Graduação em Agronomia, UFRV, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>5</sup> Departamento de Solos, UFRV, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>6</sup> Autor para correspondência: emmelinefranca@gmail.com.

possible taxonomic level and grouped into morphospecies for calculations of richness, abundance, dominance, and diversity. 149 individuals were sampled, with 22 morphospecies identified. The greatest richness was observed in the soil of  $M_N$  (16 morphospecies), followed by  $SAF_N$  (10) and  $PS_C$  (6). Diplopoda and Acari showed greater richness (6 morphospecies each). Diplopoda was the most abundant (98 specimens), while Acari was the least abundant (7 specimens). Close values of dominance and diversity were observed among the land uses studied, with a trend of faunal similarity between  $SAF_N$  and  $PS_C$ , although not significant. However, unlike the soils under  $M_N$  and  $SAF_N$ , the presence of the morphospecies of Opiliones and Acari was not observed in  $PS_C$ .

**Keywords:** Arachnida; Diplopoda; Myriapoda; soil fauna.

## INTRODUÇÃO

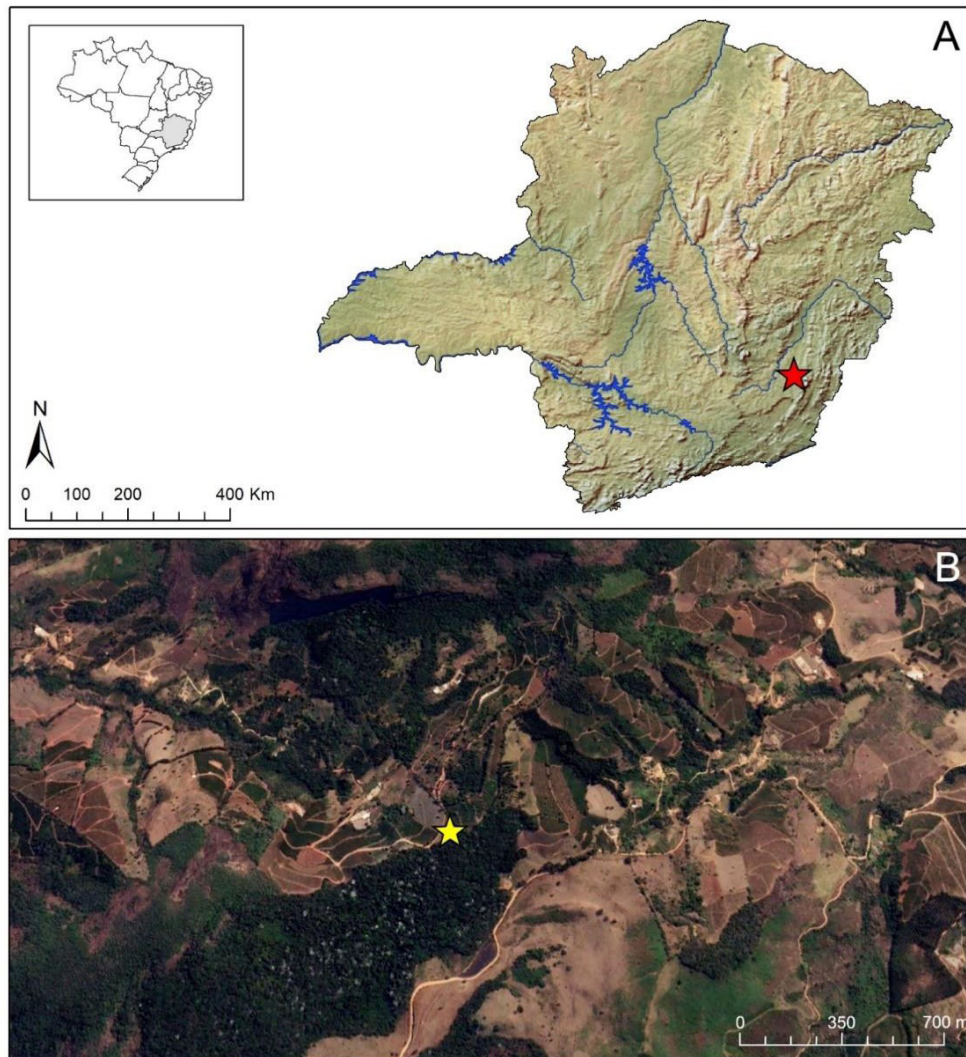
Funções do solo, tais como controle de populações, ciclagem de água, nutrientes, decomposição da matéria orgânica do solo e regulação climática, são de importância central para diversas questões ambientais e sociais (STEFFEN *et al.*, 2015). Para gerenciar de forma adequada o solo, o qual sustenta diversos serviços ecossistêmicos, é necessário compreender como os processos biológicos ocorrem (LAVELLE *et al.*, 2006). Esses processos, mediados pelos organismos do solo, incluindo os artrópodes edáficos, são fundamentais para a busca de uma agricultura mais sustentável e de base ecológica (CARDOSO *et al.*, 2018), como a natural (GONÇALVES, 2016). Como contraponto, há o modelo atual e convencional de produção agrícola, baseado na utilização de insumos químicos aplicados em monocultivos, que podem levar à perda de biodiversidade (BARETTA *et al.*, 2011; WALL *et al.*, 2015).

Mudanças na abundância e na diversidade dos artrópodes edáficos podem refletir mudanças ecológicas importantes, como na ciclagem de nutrientes, controle de população, armazenamento de água, sequestro de carbono, fertilidade do solo, entre outras. Por isso, tais seres vêm sendo considerados bioindicadores da qualidade do solo e da degradação ambiental (PULLEMAN *et al.*, 2012; LAVELLE *et al.*, 2022). Esses organismos são sensíveis às variações de manejo e possibilitam o entendimento dos processos que ocorrem no solo e, logo, a identificação de formas de agricultura restauradoras, eficientes e eficazes no uso dos recursos naturais (ALTIERI, 2012). Artrópodes das classes Chilopoda, Diplopoda e Arachnida são comuns tanto no interior do solo quanto na interface serapilheira-solo (POTAPOV *et al.*, 2022). Membros de Diplopoda, conhecidos como embuás, gongolos ou piolho-de-cobra (INIESTA *et al.*, 2023), são considerados de importância ecológica ao atuarem no “efeito-gatilho” da decomposição da matéria orgânica do solo (GOLOVATCH, 2021), participando do processo inicial de trituração de detritos orgânicos para posterior atuação de microrganismos no processo de decomposição. Chilopoda, conhecidos como centopeias e lacraias, e espécies de Arachnida, tais como ácaros, pseudoescorpiões e opilões, são, de modo geral, organismos predadores que atuam no controle de populações (HALAJ & CADY, 2000; LAVELLE *et al.*, 2022).

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do manejo e do uso do solo a partir da diversidade de artrópodes edáficos (Chilopoda, Diplopoda e Arachnida) em área de café em sistema agroflorestal sob manejo da agricultura natural, café em pleno sol convencional e mata nativa.

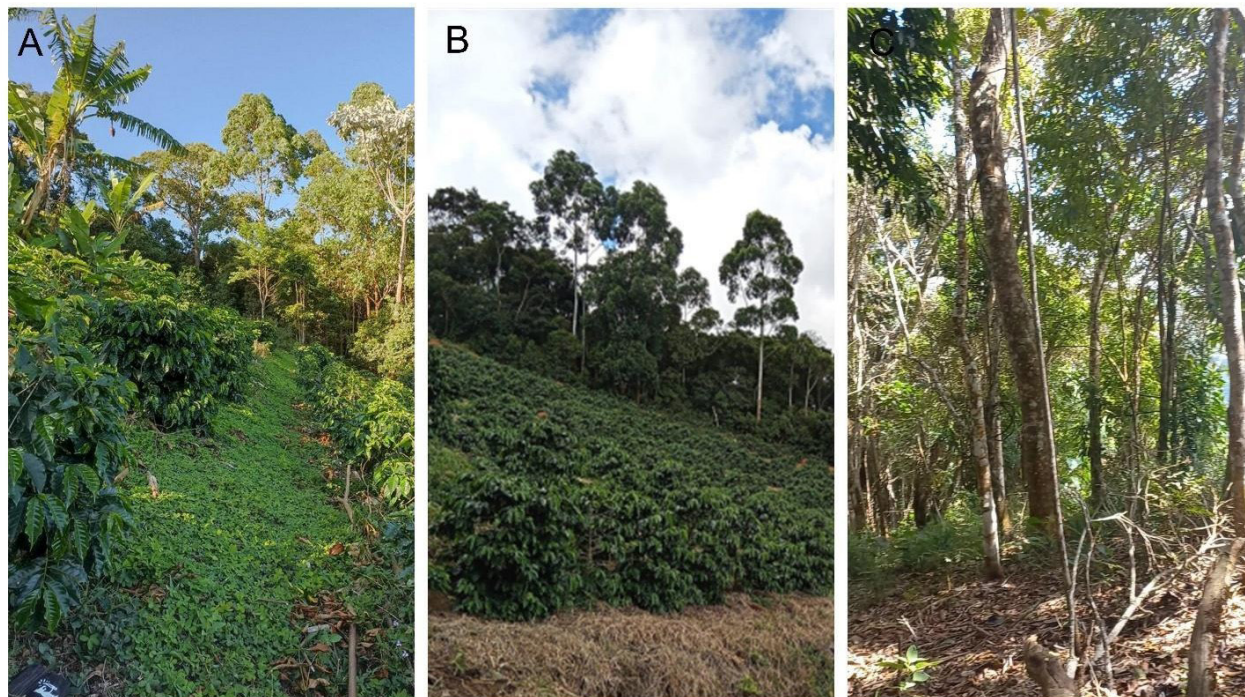
## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em propriedade agroecológica familiar (coordenadas geográficas -20.648°; -42,499°), no município de Araponga, região da Zona da Mata, Minas Gerais (figura 1). A região situa-se a aproximadamente 1.280 m de altitude, é de relevo montanhoso, clima subtropical úmido (Cwa) e temperatura média de 18°C (ALVARES *et al.*, 2013).



**Figura 1** – Mapa de localização de Araçuaia (estrela vermelha), Minas Gerais, e da propriedade agroecológica familiar (-20.648°; -42,499°; estrela amarela), onde foi realizado o estudo. Fonte: primária.

Os artrópodos foram coletados em três áreas as quais estão sob diferentes tipos de manejo/ uso do solo: SAF<sub>N</sub>, cafezais cultivados em sistema agroflorestal sob manejo da agricultura natural (apenas com resíduos vegetais oriundos da propriedade, sem uso de adubos químicos nem de resíduos animais); PS<sub>C</sub>, cafezal cultivado a pleno sol convencional com uso de herbicidas e adubação com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK); M<sub>N</sub>, mata nativa sem interferência antrópica. As três áreas encontram-se sob mesma altitude, mesma encosta e mesma classe de solo. Em cada área, foram feitas sete coletas independentes, durante a primeira quinzena de abril no ano de 2022.



**Figura 2** – Áreas de amostragem: A) cafezal cultivado em sistema agroflorestal manejado de acordo com os princípios da agricultura natural ( $SAF_N$ ); solo coberto com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W. C. Greg.); B) cafezal em pleno sol convencional ( $PS_C$ ); C) mata nativa ( $M_N$ ). Fonte: primária.

As amostras foram fixadas em etanol 70% e enviadas para especialistas no Instituto Butantan, São Paulo (IBSP), para determinações taxonômicas e incluídas no acervo das coleções. As amostras de artrópodes de solo examinadas no presente estudo correspondem aos táxons Diplopoda e Chilopoda (Myriapoda), Acari, Opiliones e Pseudoscorpiones (Arachnida). Membros da ordem Araneae não foram contemplados no presente estudo, pois serão abordados em trabalho à parte. Todos os indivíduos foram identificados até o menor nível taxonômico possível e separados em morfoespécies para os cálculos de riqueza, abundância, dominância e diversidade entre os usos/manejos do solo (OLIVER & BEATTIE, 1996). Os valores de diversidade das comunidades de artrópodes edáficos foram calculados por meio do índice de Shannon-Weaver; a dominância, por meio da fórmula:  $[1 - \text{índice de Simpson}]$  (MAGURRAN, 2004).

Os valores de riqueza correspondem à quantidade total de morfoespécies entre os táxons e a abundância, ao número total de indivíduos por morfoespécie. Realizou-se uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS), utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis, para verificar a similaridade entre as comunidades presentes em cada um dos blocos de uso do solo. Em conjunto, foi conduzida a análise de similaridade (ANOSIM) para investigar a similaridade na composição das comunidades entre os blocos, por intermédio do índice de Bray-Curtis, com 9.999 permutações. Para as análises, todos os valores das amostras foram tratados subtraindo o valor bruto a partir da média por bloco, evitando assim o enviesamento dos dados sobre táxons muito abundantes. Todas as análises foram feitas usando o programa PAST 3.12 (HAMMER *et al.*, 2001); o mapa foi realizado utilizando o programa DIVA-GIS ver. 7.5.0. (HIJMANS *et al.*, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, foram coletadas e identificadas 22 morfoespécies de artrópodes edáficos. A maior riqueza foi observada na mata nativa sem interferência antrópica ( $M_N$ ), com 16 morfoespécies, seguida por manejo de agricultura natural ( $SAF_N$ ), com 10 morfoespécies, e pelo cafezal cultivado a pleno sol ( $PS_C$ ), com seis morfoespécies (tabela 1).

**Tabela 1** – Dados ecológicos de artrópodes edáficos em diferentes sistemas de manejo do solo. Legenda: SAF<sub>N</sub>: café cultivado em sistema agroflorestal sob manejo da agricultura natural; PS<sub>C</sub>: café cultivado a pleno sol convencional com uso de herbicidas e adubação via NPK; M<sub>N</sub>: mata nativa sem interferência antrópica.

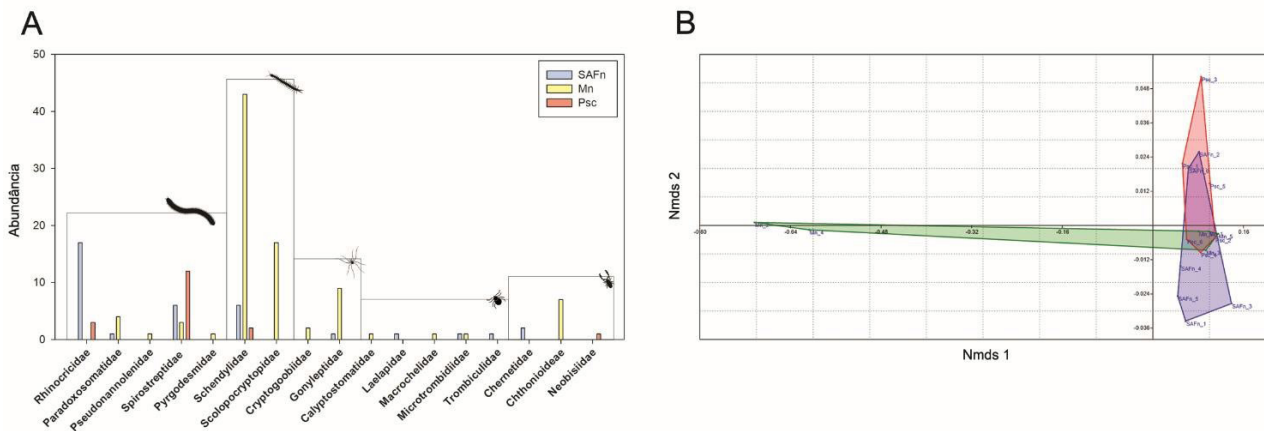
	SAF <sub>N</sub>	PS <sub>C</sub>	M <sub>N</sub>
Riqueza total	10	6	16
Abundância	35	21	93
Dominância	0.2604	0.2381	0.2709
Diversidade	1.753	1.592	1.849

Os táxons de maior riqueza foram Diplopoda (Myriapoda) e Acari (Arachnida), com seis morfoespécies cada um, enquanto Chilopoda (Myriapoda) e Pseudoscorpiones (Arachnida) foram os menos ricos, com três morfoespécies apenas cada um (figura 3A). As classes Chilopoda e Diplopoda foram observadas nos três tipos de uso da terra, enquanto para Arachnida as morfoespécies de Opiliones e Acari foram encontradas apenas em SAF<sub>N</sub> e M<sub>N</sub>. Ao todo, foram amostrados 149 indivíduos (M<sub>N</sub> = 93; SAF<sub>N</sub> = 35; PS<sub>C</sub> = 21), com Diplopoda sendo a classe mais abundante (98 indivíduos) e Acari, a menos abundante (sete indivíduos) (tabela 2).

**Tabela 2** – Riqueza e abundância de artrópodes edáficos em diferentes sistemas de manejo do solo. SAF<sub>N</sub>: café cultivado em sistema agroflorestal sob manejo da agricultura natural; PS<sub>C</sub>: café cultivado a pleno sol convencional com uso de herbicidas e adubação via NPK; M<sub>N</sub>: mata nativa sem interferência antrópica.

Táxons			Uso da terra		
Super classe – Myriapoda			SAF <sub>N</sub>	PS <sub>C</sub>	M <sub>N</sub>
Diplopoda	Rhinocricidae	Rhinocricus sp. 1	16	4	0
	Paradoxomatidae	Catharosomatinae sp. 1	1	0	4
	Pseudonannolenidae	Pseudonannolene sp. 1	0	0	1
	Spirostreptidae	Spirostreptidae sp. 1	3	8	1
	Spirostreptidae	Spirostreptidae sp. 2	3	4	0
	Pyrgodesmidae	Pyrgodesmidae sp. 1	0	0	1
Chilopoda	Schendylidae	Schendylidae sp. 1	6	2	44
	-	Lithobiomorpha sp. 1	0	2	4
	Scolopocryptopidae	Newportiinae sp. 1	0	0	17
Classe Arachnida					
Opiliones	Cryptogoobiidae	Cryptogoobiidae sp. 1	0	0	2
	Gonyleptidae	Gonyleptinae sp. 1	0	0	1
	Gonyleptidae	Eusarcus sp. 1	0	0	3
	Gonyleptidae	Tricommatinae sp. 1	1	0	4
Acari	Calyptostomatidae	Calyptostomatidae sp. 1	0	0	1
	Laelapidae	Laelapidae sp. 1	1	0	0
	Macrochelidae	Macrochelidae sp. 1	0	0	1
	Microtrombidiidae	Microtrombidiidae sp.1	1	0	1
	Microtrombidiidae	Microtrombidiidae sp.2	0	0	1
	Trombiculidae	Trombiculidae sp. 1	1	0	0
Pseudoscorpiones	Chernetidae	Chernetidae sp. 1	2	0	0
	Chthonioideae	Chthonioideae sp. 1	0	0	7
	Neobisiidae	Neobisiidae sp. 1	0	1	0

As comunidades, entre os três tipos de solo, apresentaram valores próximos de dominância e diversidade (tabela 1), embora tenha sido observada uma tendência de similaridade faunística entre as amostras de SAF<sub>N</sub> e PS<sub>C</sub> (*stress* = 0.4354) (figura 3B), mas não significativa segundo análise de similaridade (ANOSIM, *R* = -0.2819, *p* = 0.9).



**Figura 3** – Diversidade de artrópodos edáficos amostrados: A) gráfico de barras representando a abundância de Diplopoda, Chilopoda, Opiliones, Acari e Pseudoscorpiones, respectivamente; B) análise de n-MDS das comunidades sob café em sistema agroflorestal sob manejo da agricultura natural (SAF<sub>N</sub>) (em azul), mata nativa (M<sub>N</sub>) (verde) e café em pleno sol convencional (PS<sub>C</sub>) (vermelho). Fonte: primária.

A maior riqueza de Diplopoda era esperada principalmente nos solos sob SAF<sub>N</sub> e M<sub>N</sub> por causa do significativo acúmulo de serapilheira nesses ambientes e da significativa presença de suas morfoespécies entre os artrópodos edáficos de ambientes considerados mais conservacionistas quanto ao manejo do solo (LAVELLE & SPAIN, 2001). Membros de Diplopoda são conhecidos por desempenharem papéis ecológicos cruciais nos solos, atuando diretamente na trituração dos resíduos orgânicos e, logo, na decomposição da matéria orgânica (POTAPOV *et al.*, 2022). Também influenciam o fluxo de água e ar em estratos do solo, tanto pela decomposição do material orgânico, estimulando processos físicos de agregação do solo, quanto pela deposição em altas quantidade de excrementos, que também são considerados agentes influenciadores da agregação (VOGEL *et al.*, 2019). Estudos têm destacado a introdução acidental de espécies de Diplopoda em razão de atividades humanas, tais como cultivo de plantas e transporte de solo (SCHUBART, 1942, 1945; INIESTA *et al.*, 2021). Em vista disso, várias dessas espécies têm sido consideradas pragas agrícolas em diversas monoculturas, sendo observadas se alimentando de mudas de soja, café, alface, tubérculos e de plantas ornamentais (SCHUBART, 1942). É importante ressaltar que, no presente estudo, nenhuma das morfoespécies de Diplopoda encontradas se enquadra nesses grupos tidos como pragas agrícolas, destacando que todas são benéficas em área agroflorestal.

A maior abundância de Chilopoda (Geophilomorpha, Schendylidae) em M<sub>N</sub> também mostra a influência da mudança de uso da terra entre os organismos edáficos. A conversão de ecossistemas naturais para a agricultura tem apontado diminuição tanto para a diversidade de plantas acima do solo como para a diversidade de espécies no solo (BARETTA *et al.*, 2011; PULLEMAN *et al.*, 2012; SINGH *et al.*, 2019). A ordem Geophilomorpha (Chilopoda) é composta por predadores de pequenos invertebrados, principalmente em ambientes de solo e detritos orgânicos presentes na interface serapilheira-solo (ADIS *et al.*, 2002). Assim, uma possível explicação para a maior abundância do grupo em foco seja resultado da maior abundância de presas estabelecidas em M<sub>N</sub>, tais como os ácaros, que foram pouco abundantes, e de outros organismos da fauna edáfica não considerados no presente estudo.

Analisando a diversidade observada para os três tipos de uso do solo, verifica-se que a maior similaridade faunística entre SAF<sub>N</sub> e PS<sub>C</sub> é influenciada pela baixa representatividade dos táxons de Arachnida. Apesar desse fato, no manejo convencional com uso de herbicida e adubação química, foram observados apenas representantes de Diplopoda, Chilopoda e Neobisiidae

sp. 1 (Pseudoscorpiones) (tabela 2). Isso evidencia que, em  $SAF_N$ , o manejo dos resíduos vegetais aportados no solo está influenciando a maior abundância e riqueza de espécies, indicando ser um manejo conservacionista. Não obstante, a diversidade encontrada por meio dos parâmetros biológicos entre esses diferentes tipos de manejos de solo é esperada e condizente com as diferenças das condições físicas e ecológicas de cada um desses ambientes quando comparados a uma área de vegetação nativa ( $M_N$ ) sem interferência antrópica, a qual é reconhecida como um ambiente de referência na conservação da biodiversidade. Embora os artrópodes edáficos observados sejam comuns nos diferentes usos e manejos dos solos, a própria diferença nos atributos biológicos, em função da complexidade das interações que estruturam cada comunidade, justificaria a maior diversidade vista em  $M_N$  em comparação aos sistemas de manejo agrícola.

## CONCLUSÃO

A perda de biodiversidade é uma manifestação dramática da má gestão dos agroecossistemas convencionais cultivados em monocultivos, com solo exposto, uso de adubos químicos e pesticidas. A remoção de qualquer espécie pode aumentar a susceptibilidade do sistema à perturbação, pois afeta o funcionamento dinâmico contínuo dos agroecossistemas e leva a alterações de parâmetros da qualidade do solo.

A ausência de morfoespécies de Acari e Opiliones no solo sob manejo convencional pode indicar uma perda de biodiversidade, resultando em prejuízos de funcionalidades, como o controle de populações, com conseqüente perda de sustentabilidade.

Os artrópodes edáficos no café cultivado em sistema agroflorestal sob manejo da agricultura natural, o qual aporta no solo altas quantidades de material vegetal como fonte de nutrição para as plantas e para os organismos do solo, são beneficiados por esse sistema e, por conseguinte, os processos biológicos desempenhados por eles também são favorecidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial a todos os colegas a ajuda nas atividades de campo; a M. Pessoa-Silva (IBSP) e F. Jacinavicius (UNICAMP) o auxílio na identificação de materiais. Este trabalho foi apoiado pela bolsa financiada a EMF pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq n.º 141630/2025-5); a LFMI (CNPq n.º 162977/2020-4); a RSB pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) (n.º 88887.510007/2020-00); a ADB pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp n.º 2022/12588-1). O estudo foi financiado em parte pela Capes – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- Adis, J., Foddai, D., Golovatch, S. I., Hoffman, R. L., Minelli, A. de M., Jose, W., Pereira, L. A., Scheller, U., Schileyko, A. A. & Würmli, M. Myriapoda at “Reserva Ducke”, Central Amazonia, Brazil. *Amazoniana*. 2002; 17(1/2): 15-25.
- Altieri, M. A. *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. Rio de Janeiro: AS-PTA; 2012. 400 p.
- Alvares, C. A., Stape, J. Z., Sentelga, P. C., Moraes-Gonçalves, J. L. & Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2013; 22(6): 711-728.
- Baretta, D., Santos, J. C. J., Segat, C. J., Geremia, E. V., Oliveira Filho, L. C. I de & Alves, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. *Tópicos em Ciência do Solo*. 2011; 1: 119-170.
- Cardoso, I. M., Mugller, C. C., Fávero, C., Sá Mendonça, E., de Oliveira, T. S., de Lima, A. C. R., Casalinho, H. D. & Fernandes, R. B. A. Ressignificar nossas percepções sobre o solo. *In: Cardoso I. M. & Fávero, C. Solos e agroecologia*. Brasília: Embrapa/ABA; 2018. p. 33-56.

Golovatch, S. I. New records of millipedes (Diplopoda) from European Russia and Abkhazia, Caucasus. *Invertebrate Zoology*. 2021;18(2): 80-84.

Gonçalves, M. O. A agricultura natural como referência para o desenvolvimento sustentável: Centro de Pesquisa Mokiti Okada [Dissertação de Mestrado Profissional em Políticas Públicas]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá; 2016.

Gongalsky, K. B. Soil macrofauna: study problems and perspectives. *Soil Biology and Biochemistry*. 2012; 159: 108281.

DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108281

Halaj, J. & Cady, A. B. Diet composition and significance of earthworms as food of harvestmen (Arachnida: Opiliones). *The American Midland Naturalist*. 2000; 143: 487-491.

DOI: [http://dx.doi.org/10.1674/0003-0031\(2000\)143\[0487:DCASOE\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1674/0003-0031(2000)143[0487:DCASOE]2.0.CO;2)

Hammer, Ø., Happer, D. & Ryan, P. PAST: Paleontological Statistics Software: Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001; 4: 1-9.

Hijmans, R. J., Cruz, M., Rojas, E. & Guarino, L. DIVA-GIS, version 1.4. A geographic information system for the management and analysis of genetic resources data. Manual. Lima: International Potato Center; 2001. 48 p.

Iniesta, L., Bouzan, R. & Brescovit, A. D. A reassessment of the Neotropical genus *Pseudonannolene* Silvestri, 1895: cladistic analysis, biogeography, and taxonomic review (Spirostreptida: Pseudonannolenidae). *European Journal of Taxonomy*. 2023; 867(1): 1-312.

DOI: 10.5852/ejt.2023.867.2109

Iniesta, L. F. M., Bouzan, R. S. & Brescovit, A. D. Muitos nomes, muitas pernas: regionalização de vernáculos populares usados para espécies de Diplopoda (Arthropoda, Myriapoda) no Brasil. *Revista Etnobiologia*. 2013; 21(2): 104-116.

Iniesta, L. F. M., Bouzan, R. S., Rodrigues, P. E. S., Almeida, T. M., Ott, R. & Brescovit, A. D. A preliminary survey and range extension of millipedes species introduced in Brazil (Myriapoda, Diplopoda). *Papéis Avulsos de Zoologia*. 2021; 61: 1-18.

DOI: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2021.61.88>

Lavelle, P. & Spain, A. V. *Soil ecology*. Dordrecht: Kluwer; 2001. 654 p.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/0-306-48162-6>

Lavelle, 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*. 2006; 42: 3-15.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>

Lavelle, P. et al. Soil macroinvertebrate communities: a world-wide assessment. *Global Ecology and Biogeography*. 2022; 31(7): 1261-1276.

DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.13492>

Magurran, A. E. *Measuring biological diversity*. Malden, MA, USA: Blackwell Science; 2004. 261 p.

Oliver, I. & Beattie, A.J. Invertebrate morphospecies as surrogates for species: a case study. *Conservation Biology*. 1996; 10: 99-109.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10010099.x>

Potapov, A. M., Beaulieu, F., Birkhofer, K., Bluhm, S. L., Degtyarev, M. I., Devetter, M., Goncharov, A. A., Gongalski, K. B., Klärner, B., Korobushkin, D. I., Liebke, D. F., Maraun, M., Mc Donnell, R. J., Pollierer, M. M., Schaefer, I., Shrubovych, J., Semenyuk, I. I., Sendra, A., Tuma, J., Tumová, M., Vassilieva, A. B., Chen, T-W., Geisen, S., Schmidt, O., Tiunov, A. V. & Scheu, S. Feeding habits and multifunctional classification of soil-associated consumers from protists to vertebrates. *Biological Reviews*. 2022; 97(3): 1057-1117.

DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12832>

Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C. & Pérès, G. R. M. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2012; 4(5): 529-538.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2012.10.009>



Schubart, O. Os Myriápodes e suas relações com a agricultura – com uma bibliografia completa sôbre o assunto. *Papéis Avulsos do Departamento de Zoologia*. 1942; 2(16): 205-234.  
DOI: <https://doi.org/10.11606/0031-1049.1942.2p205-234>

Schubart, O. Os Proterospermophora do Distrito Federal (Myriapoda, Diplopoda). *Arquivos do Museu Nacional*. 1945; 38: 1-156.

Singh, D., Slik, J. W. F., Jeon, Y-S., Tomlinson, K. W., Yang, X., Wang, J., Kerfahi, D., Porazinska, D. L. & Adams, J. M. Tropical forest conversion to rubber plantation affects soil micro- & mesofaunal community & diversity. *Scientific Reports*. 2019; 9(1): 1-13.  
DOI: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-42333-4>

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*. 2015; 347: 1259855.  
DOI: [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855)

Vogel, A., Ebeling, A., Gleixner, G., Roscher, C., Scheu, S., Ciobanu, M., Koller-France, E., Lange, M., Lochner, A., Meyer, S. T., Oelmann, Y., Wilcke, W., Schmid, B., Eisenhauer, N., Bohan, D. A. & Dumbrell, A. J. A new experimental approach to test why biodiversity effects strengthen as ecosystems age. *In: Eisenhauer, N., Bohan, D. A. & Dumbrell, A. J. (eds). Mechanisms underlying the relationship between biodiversity and ecosystem function. Academic Press Inc.; 2019. p. 221-264.*

Vogel, H. J., Balseiro Romero, M., Kravchenko, A., Otte, W., Pot, V., Schluter, S., Weller, U. & Baveye, P. A holistic perspective on soil architecture is needed as a key to soil functions. *Soil Science*. 2012; 73(150): 1-14.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ejss.13152>

Wall, D. H., Nielsen, U. N. & Six, J. Soil biodiversity and human health. *Nature*. 2015; 528(7580): 69-76.  
DOI: [10.1038/nature15744](https://doi.org/10.1038/nature15744)