



Variabilidade Temporal da Fauna Edáfica e seus Grupos Funcionais em Sistema Agroflorestal

Tancredo Souza¹, Sarah Kormann², Lídia Klestadt Laurindo², Lucas Jónatan Rodrigues da Silva²,
Gislaine dos Santos Nascimento³ & Edjane Oliveira de Lucena³

Recebido em 24/03/2021 – Aceito em 19/01/2022

¹ Universidade Federal do Acre, Brasil. <tancredo_agro@hotmail.com>.

² Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. <sarah.kormann@hotmail.com, lidia.klestadt@gmail.com, lucasrodriguesgestorambiental@gmail.com>.

³ Universidade Federal da Paraíba, Brasil. <gislaynesantos30@gmail.com, lucenaengflo@gmail.com>.

RESUMO – A abundância de indivíduos da fauna edáfica varia substancialmente em função das variações sazonais em ecossistemas subtropicais. O objetivo deste estudo foi avaliar a abundância e diversidade de organismos edáficos em função da sazonalidade em um sistema agroflorestal localizado no Sul do Brasil. Usando métodos de extração de indivíduos e identificação taxonômica em níveis de Família e grupos-funcionais em diferentes épocas (e.g., estações do ano), foram observadas, durante a primavera, as maiores abundâncias de indivíduos (e.g., Blattidae, Carabidae, Larvas de Culicidae, Forficulidae, Halictophagidae, Larvas de Muscoidea e Nitidulidae) e de todos os grupos-funcionais observados neste estudo (e.g., herbívoros, engenheiros de ecossistema, transformadores de serapilheira e predadores). Além disso, foi observado que características edafoclimáticas como precipitação, temperatura mínima, carbono orgânico total e nitrogênio são os principais fatores que contribuem com a variabilidade sazonal da fauna edáfica. Os resultados deste estudo demonstram a importância de considerar as famílias Acaridae, Araneidae, Blattidae, Carabidae, Formicidae, Halictophagidae, Isotomidae, Larvas de Muscoidea, Nitidulidae, Paronellidae, Staphylinidae, Thripidae como bioindicadoras de alterações ambientais.

Palavras-chave: Diversidade da biota edáfica; floresta ombrófila mista; artrópodes edáficos; mudanças climáticas.

Temporal Variability of Edaphic Fauna and its Functional Groups in Agroforestry System

ABSTRACT – Soil biota abundance varies substantially across seasonal changes in subtropical ecosystems. The aim with this study was to evaluate soil organisms' abundance and diversity as affected by seasonality in an agroforestry system at the Southern Brazil. Using methods for specimen's extraction and identification on Family level and functional groups in different periods (e.g., seasons), we observed that during the spring, we found the highest abundance of Blattidae Carabidae, Larvae of Culicidae, Forficulidae, Halictophagidae, Larvae of Muscoidea e Nitidulidae, and for all identified functional groups (e.g., herbivores, ecosystem engineers, litter transformers, and predators). We also found that precipitation, minimal temperature, soil organic carbon and total nitrogen were the main factors contributing to the soil biota seasonal variation. Our results indicated the importance to consider Acaridae, Araneidae, Blattidae, Carabidae, Formicidae, Halictophagidae, Isotomidae, Larvae of Muscoidea, Nitidulidae, Paronellidae, Staphylinidae, Thripidae as bioindicators for environmental changes.

Keywords: Climate changes; mixed ombrophilous forest; soil biota diversity; soil arthropods.

Variabilidad Temporal de la Fauna de Edáfica y sus Grupos Funcionales en el Sistema Agroforestal

RESUMEN – La abundancia de biota del suelo varía substancialmente entre los cambios estacionales em los ecosistemas subtropicales. El objetivo de este estudio fue evaluar la abundancia y diversidad de los organismos del suelo afectador por la estacionalidad en un sistema agro-agroforestal en el sur

de Brasil. Utilizando métodos para la extracción e identificación de espécimenes a nivel de familia y grupos funcionales en diferentes períodos (por ejemplo, estaciones), observamos que durante la primavera, encontramos la mayor abundancia de Blattidae, Carabidae, Larvas de Culicidae, Forficulidae, Halictophagidae, Larvas de Muscoidea e Nitidulidae, y para todos los grupos funcionales identificados (por ejemplo, herbívoros, ingenieros de ecosistema, transformadores de hojarasca y depredadores). También encontramos que la precipitación, la temperatura mínima, el carbono orgánico del suelo y el azoto total fueran los principales factores que contribuyeron a la variación estacional de la biota del suelo. Nuestros resultados indicaron la importancia de considerar Acaridae, Araneidae, Blattidae, Carabidae, Formicidae, Halictophagidae, Isotomidae, Larvas de Muscoidea, Nitidulidae, Paronellidae, Staphylinidae y Thripidae como bioindicadores para los cambios ambientales.

Palabras clave: Artrópodos del suelo; cambio climático; diversidad de biota del suelo; ecorregión terrestre selva de pino Paraná.

Introdução

A diversidade da fauna edáfica e seus respectivos grupos-funcionais pode ser avaliada através do levantamento da abundância de indivíduos em um determinado ecossistema ao longo do ano (Kitamura *et al.*, 2020). Considerando os grupos-funcionais, a fauna edáfica pode ser classificada de acordo com a função desempenhada (*e.g.*, transformação da matéria orgânica, controle biológico, estrutura do solo e herbivoria) no ecossistema (Li *et al.*, 2020). Segundo estes mesmos autores, a intensidade e qualidade da função desempenhada pela fauna edáfica no solo sofre forte influência das variações sazonais (*e.g.*, estações do ano, temperatura, precipitação).

Serviços ecossistêmicos promovidos por transformadores de serrapilheira e engenheiros do ecossistema podem variar em função da abundância de indivíduos o que pode afetar a ciclagem de nutrientes no ecossistema solo (Evans *et al.*, 2019). Neste contexto, a atividade da fauna edáfica pode ajudar direta e indiretamente no desenvolvimento vegetal, na qualidade do solo e na sustentabilidade ambiental (Bach *et al.*, 2020). Entre os grupos-funcionais da fauna edáfica descritos por Souza & Freitas (2018), os engenheiros de ecossistema, os herbívoros, os predadores e os transformadores de serrapilheira são considerados como de vital importância para sustentar alta qualidade do solo. Consequentemente, estes grupos-funcionais são excelentes bioindicadores de possíveis variações no ecossistema solo (Potapov *et al.*, 2019; Masin *et al.*, 2020). No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos das variações sazonais sobre a abundância de grupos-funcionais e a composição da comunidade da fauna edáfica em nível de família é pouco compreendida.

Em sistemas agroflorestais empregados na recuperação de áreas degradadas com predomínio de espécies arbóreas de importância socioeconômica no Sul do Brasil (*e.g.*, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Illex paraguariensis* A. St. Hil. e *Mimosa scabrella* Benth.) a provisão de *habitat* e recursos alimentares para a fauna edáfica são regulados pela vegetação e pela variação sazonal (Kooch & Noghre, 2020). Evidências descritas por Hoffmann *et al.* (2018), comprovam variações na composição da comunidade da fauna edáfica em função de diferenças relacionadas a radiação solar, temperatura do ar, precipitação, regime de umidade do solo e deposição de serrapilheira.

Este estudo baseou-se nas hipóteses de que a variação sazonal pode influenciar diretamente a provisão de *habitat* e alimento (*e.g.*, deposição de serrapilheira) em função de variações térmicas e hídricas que indiretamente podem afetar a abundância de indivíduos da fauna edáfica. Portanto, podemos considerar que: a) variações sazonais podem promover alterações na comunidade da fauna edáfica e, conseqüentemente, pode interferir na dinâmica da ciclagem de nutrientes e decomposição de serrapilheira assim como descrito por Cui *et al.* (2019); e b) estações do ano que promovam alta produção de serrapilheira também apresentarão alta abundância de indivíduos da fauna edáfica. De acordo com Souza *et al.* (2015), a alta produção e deposição de material orgânico vegetal no solo podem favorecer grupos-específicos devido à serrapilheira apresentar as funções de servir como refúgio e alimento para transformadores de serrapilheira e predadores.

Nesse contexto, este estudo teve o objetivo de avaliar como a variação sazonal pode afetar

a abundância e a diversidade de indivíduos da fauna edáfica e seus respectivos grupos-funcionais em um sistema agroflorestal localizado no Sul do Brasil. Para responder a esse objetivo, foi avaliada a composição da comunidade da fauna edáfica em nível de família, índices ecológicos (e.g., riqueza, diversidade e dominância) e os indivíduos classificados de acordo com seus grupos-funcionais.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na estação experimental agroflorestal, no Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitiba/SC (27°16'58" S e 50°35'04" W, altitude de 987m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfb – clima temperado úmido com verão temperado), precipitação e temperatura média anual de 1.676mm e 15°C, respectivamente (Laurindo *et al.*, 2021).

Durante o período de amostragem da fauna edáfica, foram coletadas informações da temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar e precipitação total através do site da EPAGRI/CIRAM (<http://www.ciram.sc.gov.br/agroconnect/>), que possui uma base de dados meteorológicos desde o ano de 1970 até o período atual relacionada a atividades agropecuárias no estado de Santa Catarina. A obtenção desses dados foi útil para avaliar a variação na comunidade da biota edáfica em função das estações do ano e de variações climáticas considerando atributos como precipitação acumulada e temperatura média. Para cada coleta foram considerados os dados climáticos compreendidos entre um dia antes da instalação das armadilhas até o dia da extração para a identificação dos indivíduos da fauna edáfica no laboratório.

Nos locais amostrados, foram coletadas amostras de serapilheira em gabaritos de 1m² para caracterização do aporte de material orgânico. Registrou-se acúmulo de serapilheira na ordem de 450,8; 508,8 e 510,9g de serapilheira seca por metro quadrado nos ambientes de estudo nos períodos da primavera, verão e outono, respectivamente.

O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo Húmico alumínico, textura

muito argilosa. Foram coletadas 10 amostras de solo na profundidade de 0 a 20cm em um sistema agroflorestal no seu quinto ano de implantação. Foram analisados o pH do solo em água destilada na proporção solo: água de 1:2,5 (Black, 1965); o carbono orgânico total foi determinado pelo método da oxidação rápida em dicromato de potássio descrito no protocolo de Okalebo *et al.* (1993); para a quantificação do nitrogênio total as amostras foram inicialmente digeridas em ácido sulfúrico e sulfato de potássio e então seguidas para destilador assim como descrito no protocolo de Kjeldahl (Black, 1965); e o fósforo disponível foi determinado por colorimetria usando espectrofotômetro a 882nm assim como descrito por Olsen *et al.* (1954).

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com três blocos em um sistema agroflorestal no seu sexto ano de condução e que foi composto pelas seguintes espécies: *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil e *Mimosa scabrella* Benth. Cada parcela experimental teve dimensões de 80m². Para avaliar a variação sazonal da fauna edáfica e seus grupos-funcionais foram considerados três períodos de avaliação: primavera, verão e outono. No total foram realizadas nove extrações durante todo o experimento.

Para a caracterização da fauna edáfica foram utilizadas 15 armadilhas do tipo Provid em cada bloco no sistema agroflorestal. Cada armadilha possuía 100mL de água destilada, 40mL de detergente neutro e 10mL de álcool a 70%. Uma vez instaladas no campo, as armadilhas permaneceram por 48 horas (Anderson & Ingram, 1993). Após esse período o conteúdo de cada armadilha (e.g., indivíduos da fauna edáfica + solução) foi inserido em potes plásticos transparente e com tampa, contendo a identificação de sua respectiva armadilha. Cada amostra foi analisada de maneira minuciosa para a identificação da biota edáfica até nível de Família. Os indivíduos da biota edáfica também foram identificados de acordo com o seus grupos-funcionais (Souza & Freitas, 2018) em transformadores de serapilheira, engenheiros de ecossistema, herbívoros e predadores. Foram caracterizados os seguintes índices ecológicos: abundância total, riqueza (S), diversidade de Shannon (H' - Shannon & Weaver, 1949); e índice de dominância de Simpson (C' - Simpson, 1949).

Foi empregado o teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade do conjunto de dados. Para avaliar a variação sazonal da biota edáfica e grupos funcionais presentes em um sistema agroflorestal foi empregada a análise de variância não-paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis e as médias comparadas pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade. Para avaliar as similaridades existentes entre a comunidade da biota edáfica, as propriedades químicas do solo e variáveis climáticas (temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar e precipitação) em função da variação sazonal foi realizada uma análise de componentes principais com o uso do pacote “vegan”. Inicialmente foi elaborada uma ACP com base em uma matriz de correlação com todo o conjunto de dados. Para reduzir a n-dimensionalidade dos dados, foi utilizada a função “nmds.env” para determinar a significância de todas as variáveis inseridas na ACP inicial. De posse dos dados de significância foram selecionadas apenas as variáveis que apresentavam valor de *p* inferior a 5% para compor a ACP final. As variáveis selecionadas com base no valor de *p* foram: Staphylinidae, precipitação, Formicidae, temperatura mínima, carbono orgânico total, nitrogênio total, Nitidulidae, Carabidae, Halictophagidae, Larvas de Muscoidea, Blattidae,

Isotomidae, Paronellidae, Thripidae, Araneidae e Acaridae. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software livre R (R Core Team, 2018).

Resultados

Foram observadas, no total, 33 diferentes famílias da fauna edáfica durante as três estações do ano. Observou-se diferença significativa na abundância de indivíduos entre as estações do ano para as seguintes famílias: Acaridae, Blattidae, Carabidae, Cerambycidae, Forficulidae, Halictophagidae, Isotomidae, Larva de Coleoptera, Larva de Muscoidea, Nitidulidae, Paronellidae, Staphylinidae e Thripidae. Os maiores valores observados no outono foram para as famílias: Acaridae, Isotomidae, Paronellidae e Thripidae. Já na primavera foram observados os maiores valores de abundância para: Blattidae, Carabidae, Larva de Culicidae, Forficulidae, Halictophagidae, Larva de Muscoidea e Nitidulidae. Por último, no verão foram observados os maiores valores de abundância para: Cerambycidae, Larva Coleoptera e Staphylinidae. Não foram observadas diferenças significativas para os índices ecológicos (e.g., riqueza, diversidade e dominância) em função das estações do ano (Tabela 1).

Tabela 1 – Abundância da fauna edáfica (média ± desvio padrão, *N* = 45) em função das estações do ano (primavera, verão e outono).

Famílias	Estações do ano			Valor- <i>X</i> ²
	Primavera	Verão	Outono	
Acaridae	-	-	0,33 ± 0,06 a	6,84*
Araneidae	0,35 ± 0,06	0,20 ± 0,04	0,59 ± 0,08	2,34 ^{ns}
Blattidae	0,70 ± 0,10 a	-	0,07 ± 0,02 b	12,31***
Carabidae	0,75 ± 0,14 a	0,40 ± 0,08 a	0,02 ± 0,01 b	12,55***
Cerambycidae	-	0,60 ± 0,08 a	0,02 ± 0,01 b	16,13***
Chrysomelidae	0,05 ± 0,02	-	0,02 ± 0,01	0,47 ^{ns}
Cicadidae	0,15 ± 0,03	-	0,09 ± 0,04	2,19 ^{ns}
Larva de Culicidae	9,20 ± 0,61	6,80 ± 0,33	5,88 ± 0,46	4,33 ^{ns}
Campodeidae	0,05 ± 0,02	-	-	2,35 ^{ns}
Dytiscidae	-	-	0,07 ± 0,22	1,84 ^{ns}
Ectobiidae	0,05 ± 0,02	-	-	2,35 ^{ns}



Filistatidae	4,10 ± 1,11	1,00 ± 0,17	1,54 ± 0,14	1,30 ^{ns}
Forficulidae	0,80 ± 0,15 a	-	0,09 ± 0,03 b	9,28***
Formicidae	26,65 ± 2,95	24,40 ± 2,13	15,66 ± 1,24	5,04 ^{ns}
Grillydae	0,30 ± 0,05	-	0,16 ± 0,04	2,57 ^{ns}
Gryllotalpidae	-	-	0,07 ± 0,04	0,59 ^{ns}
Gyrinidae	-	-	0,11 ± 0,03	2,49 ^{ns}
Halictophagidae	4,70 ± 0,69 b	2,20 ± 0,27 a	-	26,13***
Isotomidae	-	-	6,40 ± 0,77 a	31,39***
Larva de Coleoptera	0,05 ± 0,02 b	0,80 ± 0,08 a	0,47 ± 0,02b	17,59***
Larva de Lepidoptera	0,30 ± 0,05	-	0,14 ± 0,04	2,72 ^{ns}
Lumbricidae	-	-	0,02 ± 0,01	0,59 ^{ns}
Larva de Muscoidea	3,85 ± 0,46 a	2,20 ± 0,19 a	1,14 ± 0,18 b	6,88*
Nitidulidae	4,95 ± 0,41 a	2,80 ± 0,27 b	0,80 ± 0,13 c	21,57***
Acropsopilionidae	-	-	0,26 ± 0,07	3,85 ^{ns}
Paronellidae	-	-	1,35 ± 0,37 a	6,05*
Passalidae	0,15 ± 0,06	-	-	2,35 ^{ns}
Scarabaeidae	2,20 ± 0,23	2,80 ± 0,37	2,66 ± 0,24	0,82 ^{ns}
Spirobolida	-	-	0,02 ± 0,01	0,59 ^{ns}
Staphylinidae	0,35 ± 0,07 b	0,80 ± 0,04 a	0,07 ± 0,02 b	15,97***
Termitidae	-	-	0,02 ± 0,01	0,59 ^{ns}
Thripidae	-	-	2,07 ± 0,21 a	24,39***
Vespidae	0,10 ± 0,03	-	0,09 ± 0,02	0,52 ^{ns}
Riqueza de famílias	7,60 ± 0,22	7,60 ± 0,11	7,69 ± 0,16	0,03 ^{ns}
Shannon – H'	1,44 ± 0,44	1,43 ± 0,39	1,56 ± 0,35	0,88 ^{ns}
Simpson – C	0,65 ± 0,17 b	0,63 ± 0,17 b	0,70 ± 0,14 a	6,60*
Abundância total	59,80 ± 7,28 a	45,00 ± 4,05 b	40,23 ± 4,53 c	6,11*

- Representa ausência do indivíduo. Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade; ^{ns}, * e ***: não-significativo e significativos a 5 e 0,1%, respectivamente.

Os resultados observados neste estudo classificando os indivíduos da biota edáfica em grupos-funcionais nas três estações do ano (e.g., primavera, verão e outono), demonstram que houve diferença significativa na abundância total ($p < 0,05$), e nas abundâncias de herbívoros ($p < 0,05$), engenheiros de ecossistema ($p < 0,001$), predadores ($p < 0,01$) e transformadores de serapilheira ($p < 0,05$) entre as estações do ano. Durante a primavera foram observadas as maiores

abundâncias total de grupos, e abundâncias de herbívoros, engenheiros de ecossistema, predadores e transformadores de serapilheira. No entanto, para os herbívoros não foram observadas diferenças significativas entre o outono e a primavera, enquanto para os transformadores de serapilheira não foram observadas diferenças significativas entre a primavera e o verão, respectivamente (Figura 1).

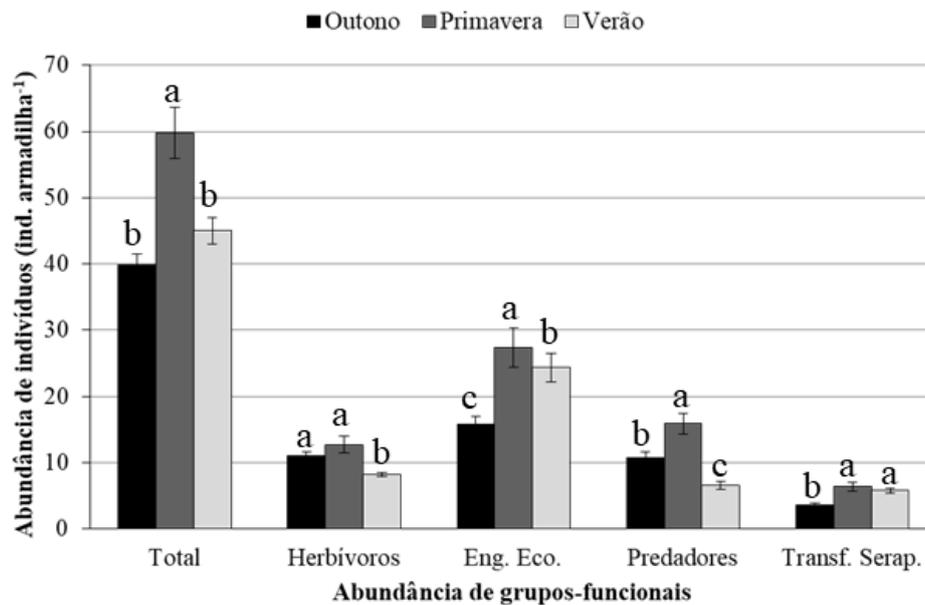


Figura 1 – Abundância total e de grupos-funcionais da fauna edáfica (média \pm desvio padrão, $N = 45$) em função das estações do ano (outono, primavera e verão). Eng. Eco.: Engenheiros do ecossistema (Blattidae, Formicidae, Ectobiidae, Lumbricidae e Termitidae); Transf. Serap.: Transformadores de serapilheira (Campodeidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Nitidulidae, Paronellidae, Passalidae, Scarabaeidae e Spirobolida), Predadores (Acaridae, Acropsopilionidae, Araneidae, Carabidae, Filistidae, Forficulidae, Halictophagidae, Isotomidae e Vespidae) e Herbívoros (Cerambycidae, Chrysomelidae, Cicadidae, Larva de Cicadidae, Grillydae, Gryllotalpidae, Larva de Coleoptera, Larva de Lepidoptera, Larva de Muscoidea e Thripidae). Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade.

Com a análise de componentes principais considerando a abundância de Famílias da fauna edáfica e atributos edafoclimáticos, foi observado que as variáveis abundância de Acaridae, Araneidae, Blattidae, Carabidae, Formicidae, Halictophagidae, Isotomidae, Muscoidea, Nitidulidae, Paronellidae, Staphylinidae, Thripidae, precipitação, temperatura mínima, carbono orgânico total e nitrogênio total foram os principais fatores contribuindo com a variância das amostras (Figura 2). Os demais atributos avaliados neste estudo não apresentaram contribuição significativa com a variâncias das amostras. As

estações do ano foram completamente dissimilares entre si. Foi possível observar as seguintes relações: i) relação positiva entre a precipitação, temperatura mínima e abundância de Staphylinidae e Formicidae; ii) relação positiva entre a abundância de Isotomidae e Paronellidae, Thripidae, carbono orgânico total; iii) relação positiva entre nitrogênio total, Araneidae e Acaridae; iv) relação negativa entre nitrogênio total, precipitação e Formicidae; e v) relação negativa entre Collembola (Isotomidae e Paronellidae) e Coleoptera (Nitidulidae e Carabidae) (Figura 2).

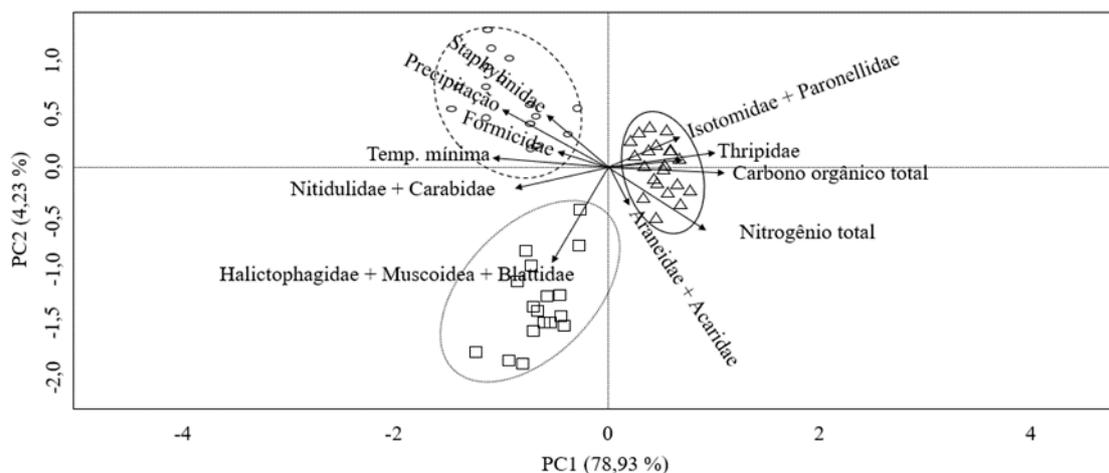


Figura 2 – Análise de componentes principais da estrutura da comunidade da fauna edáfica (representada pela abundância de Famílias), atributos climáticos (Precipitação e temperatura mínima) e edáficos (carbono orgânico total e nitrogênio total) com valores de $p < 0,05$. Pontos, triângulos e quadrados representam os valores observados nas amostras tomadas na primavera, outono e verão, respectivamente. Os eixos PC1 e PC2 representam 83,16% da variação dos dados.

Discussão

Com base nos resultados deste estudo, ficou evidente que ocorre variação sazonal na abundância da fauna edáfica, particularmente durante a primavera, período que demonstrou maior abundância de indivíduos da biota edáfica em um sistema agroflorestal em ecossistema subtropical. Resultados semelhantes foram observados por Abbas & Parwez (2020), Villanueva-López *et al.* (2019) e Camara *et al.* (2018), ao analisar a diversidade de macroartrópodes em diferentes sistemas agroflorestais ao redor do Mundo. Estes resultados corroboram com a hipótese proposta neste estudo, que propõe que variações térmicas e hídricas relacionadas a sazonalidade (*e.g.*, valores mínimos e máximo mensais de temperatura média e precipitação acumulada de 12°C e 24°C e 80mm e 250mm, respectivamente) podem afetar a abundância da fauna edáfica. Em outro estudo Nunes *et al.* (2018), relataram maior abundância da fauna edáfica em períodos secos na Caatinga. Já considerando as Famílias da biota edáfica, observou-se maior abundância de Acaridae, Araneidae, Isotomidae, Paronellidae e Thripidae durante o outono, período em que foi observado os maiores teores de carbono orgânico total (23,44gkg⁻¹) e nitrogênio total no solo (2,97gkg⁻¹). Ambos os fatores essenciais para sustentar uma comunidade ativa da fauna

edáfica proporcionando maior disponibilidade de alimento bem como condições favoráveis à sobrevivência e à reprodução dos espécimes (Machado *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2016).

Em relação aos índices ecológicos, não foram observadas diferenças significativas para a riqueza e os índices de Shannon e Simpson entre as diferentes estações do ano. Em condições subtropicais, a deposição de serapilheira de espécies arbóreas nativas (*e.g.*, *A. angustifolia*, *I. paraguariensis* e *M. scabrella*) do Sul do Brasil em sistemas agroflorestais (Laurindo *et al.*, 2020) está intimamente relacionada com a variação sazonal e que pode influenciar na abundância da biota edáfica, mas não influencia na composição da comunidade destes indivíduos (Nunes *et al.*, 2018). O que corrobora com a hipótese de que a variação sazonal pode influenciar diretamente a provisão de *habitat* e alimento para a fauna edáfica. Neste sentido, a serapilheira serve como *habitat*, além de prover nutrientes para a fauna edáfica presente no solo (Siles & Margesin, 2016), e sendo assim pode influenciar na abundância destes organismos edáficos (Moura *et al.*, 2015). Estudos realizados por Nunes *et al.* (2018) e Souza *et al.* (2015), também relatam a influência da alta deposição de serapilheira (>500g^m-2) sobre a abundância dos organismos do solo. Esses autores descreveram que a abundância de Acari, Araneae, Collembola, Coleoptera, Diptera e Formicidae

são fortemente influenciados pela deposição de serapilheira. Indivíduos classificados nestas ordens são altamente dependentes da serapilheira pela sua dupla função, podendo atuar como *habitat* ou como fonte de energia (Kooch & Noghre, 2000).

Com relação aos grupos-funcionais, os transformadores de serapilheira, engenheiros do ecossistema, predadores e herbívoros foram mais abundantes na primavera, o que reforça a hipótese de que estes grupos podem ser usados como excelente bioindicadores de mudanças climáticas/ambientais em ecossistemas subtropicais. A variação sazonal tem impacto direto nos processos desempenhados pelos organismos do solo, segundo Villagomez *et al.* (2019) e Abbas & Parwez (2020), a abundância da fauna edáfica é fortemente influenciada pela temperatura atmosférica e precipitação. Neste estudo, ambas variáveis tiveram efeito significativo sobre a abundância da fauna edáfica como observado na análise multivariada. Essa observação corrobora os resultados observados por Raise & Salek-Gilani (2020) e Zeraatpisheh *et al.* (2020) que descrevem nos seus respectivos estudos as seguintes afirmações: i) variações sazonais tendem a modificar a abundância da fauna edáfica através do processo de redundância funcional (*e.g.*, um determinado grupo de indivíduos pode substituir a função de outro grupo nativo como é o caso da relação entre Spirobolida e Scarabaeidae); e (ii) a deposição de serapilheira é diretamente associada a variação sazonal, sendo nos períodos mais úmidos registrados valores mais altos de serapilheira em comparação aos períodos mais secos. Isso acaba afetando a abundância da fauna edáfica devido às mudanças na disponibilidade de *habitat* e energia promovidas pela serapilheira.

Entre todos os períodos avaliados, na primavera foi observada a maior abundância total dos organismos edáficos em relação às demais estações do ano, corroborando com o estudo de Yahya *et al.* (2020), que apresenta a primavera como período ativo da fauna edáfica do solo devido às condições ambientais favoráveis (*e.g.*, temperatura e precipitação). O grupo dos engenheiros do ecossistema foi o que obteve a maior abundância de organismos (*e.g.*, Blattidae), corroborando com o estudo de Ardestani *et al.* (2019), que descreve que a faixa ótima para desenvolvimento desse grupo corresponde a temperaturas de 25°C e umidade relativa de 60%. O mesmo comportamento foi observado para

os grupos dos herbívoros (*e.g.*, Cerambycidae, Culicidae, Nitidulidae, Thripidae e as larvas de Coleoptera), e o grupo dos predadores (*e.g.*, Acaridae, Carabidae, Isotomidae e Paronellidae). Segundo Salem *et al.* (2020), a abundância de herbívoros é máxima durante períodos secos. Neste estudo, o período mais seco foi compreendido entre 17 e 21 de novembro, correspondente a estação da primavera. Já o grupo dos transformadores de serapilheira (*e.g.*, Muscoidea, Halictophagidae e Staphylinidae) obteve a maior abundância de organismos no período compreendido entre a primavera e verão, corroborando com o estudo de Stursova *et al.* (2020), que descrevem maior abundância e atividade deste grupo no durante o verão, devido a aumentos na taxa de decomposição e atividades enzimáticas com o aumento da temperatura.

Conclusão

As variações sazonais podem afetar significativamente a abundância da fauna edáfica e de seus grupos-funcionais por promover alterações em atributos edáficos (*e.g.*, carbono orgânico total e nitrogênio total) e variações climáticas (*e.g.*, temperatura mínima e precipitação) em sistemas agroflorestais localizados em uma zona subtropical. As famílias Acaridae, Araneidae, Blattidae, Carabidae, Formicidae, Halictophagidae, Isotomidae, Muscoidea, Nitidulidae, Paronellidae, Staphylinidae, Thripidae foram as que sofreram alterações na sua abundância em função das variações sazonais e, portanto, podem ser consideradas em futuros estudos considerando alterações climáticas.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer aos editores de área e aos revisores anônimos pelos excelentes comentários que levaram a esta versão final melhorada. Também agradecemos a CAPES, FAPESQ e FAPESC pelas bolsas de estudo que facilitaram a execução desta pesquisa; e aos PPGs de Produção Vegetal (UFAC), Ciência do Solo (UFPB) e ao Centro de Ecologia Funcional (UC).

Referências

Abbas MJ & Parwez H. Seasonal diversity of soil microarthropods in two different vegetable plots of



- Aligarh-India. *Tropical Ecology*, 61(3): 311-316, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00091-9>.
- Anderson JN & Ingram JSI. 1993. *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. CAB International, Wallingford. 221p.
- Ardestani MM, Šustr V, Hnilicka F & Frouz J. Food consumption of the cockroach species *Blaptica dubia* Serville (Blattodea: Blaberidae) using three leaf litter types in a microcosm design. *Soil Ecology*, 150(1): e103460, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103460>.
- Bach EM, Ramirez KS, Fraser TD & Wall DH. Soil biodiversity integrates solutions for a sustainable future. *Sustainability*, 12(7): 2662-2684, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12072662>.
- Black CA. 1965. *Methods of soil analysis*. 1 ed. American Society of Agronomy. 1572p. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.index>.
- Camara R, dos Santos GL, Pereira MG, Silva CF, da Silva VFV & Silva RM. Effects of natural Atlantic Forest regeneration on soil fauna, Brazil. *Floresta e Ambiente*, 25(1): 2-10, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.001716>.
- Cui Y *et al.* Natural grassland as the optimal pattern of vegetation restoration in arid and semi-arid regions: evidence from nutrient limitation of soil microbes. *Science of the Total Environment*, 648(1): 388-397, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.173>.
- da Silva DM *et al.* Effects of pig slurry application on the diversity and activity of soil biota in pasture areas. *Ciência Rural*, 46(10): 1756-1763, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141869>.
- Evans KS *et al.* Soil fauna accelerate dung pat decomposition and nutrient cycling into grassland soil. *Rangeland Ecology & Management*, 72(4): 667-677, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.01.008>.
- Hoffmann AA *et al.* Impacts of recent climate change on terrestrial flora and fauna: Some emerging Australian examples. *Austral Ecology*, 44(1): 3-27, 2019. <https://doi.org/10.1111/aec.12674>.
- Kitamura AE, Tavares RLM, Alves MC, de Souza ZM & Siqueira DS. Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. *Ciência Rural*, 50(8): 2-8, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190606>.
- Kooch Y & Noghre N. The effect of shrubland and grassland vegetation types on soil fauna and flora activities in a mountainous semi-arid landscape of Iran. *Science of The Total Environment*, 703, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135497>.
- Laurindo LK *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in agroforestry systems from the Southern Brazil. *Biologia* 76: 1099-1107, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00700-5>.
- Laurindo LK, Souza TAF, Silva LJR, Casal TB, Kormann S & Pires KJC. 2020. Fungos micorrízicos arbusculares, p. 10-29. In Laurindo LK & Souza TAF (orgs.). *Indicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais e ecossistemas associados*. 100 p.
- Li W *et al.* Soil fauna diversity at different stages of reed restoration in a lakeshore wetland at Lake Taihu, China. *Ecosystem Health and Sustainability*, 6(1): 2332-8878, 2020. <http://dx.doi.org/10.1080/20964129.2020.1722034>.
- Machado DL, Pereira MG, Correia MEF, Diniz AR & Menezes CEG. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Rio Paraíba do Sul/RJ. *Ciência Florestal*, 25(1): 91-106, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509817466>.
- Masin C, Rodríguez AR, Zalazar C & Godoy JL. Approach to assess agroecosystem anthropic disturbance: statistical monitoring based on earthworm populations and edaphic properties. *Ecological Indicators*, 111(1): 1-11, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105984>.
- Moura EG, Aguiar ACF, Piedade AR & Rousseau GX. Contribution of legume tree residues and macrofauna to the improvement of abiotic soil properties in the eastern amazon. *Applied Soil Ecology*, 86(1): 91-99, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.10.008>.
- Neha BBS & Sharma S. Seasonal variation of rhizospheric soil properties under different land use systems at lower Shivalik foothills of Punjab, India. *Agroforest Systems*, 94(3): 1959-1976, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00512-7>.
- Nunes LAPL, Araújo ASF, Pessoa MMC, Sousa RS, Silva JDC & Matos-Filho CHA. Edaphic fauna in a vegetation gradient in the Sete Cidades National Park. *Brazilian Journal of Biology*, 79(1): 45-51, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.174135>.
- Okalebo JR, Gathua KW & Woomer PL. 1993. *Laboratory methods of plant and soil analysis: a working manual*. Technical Bulletin n. 1. Nairobi: Tropical Soil Biology and Fertility Programme/Soil Science Society East Africa/UNESCO/ROSTA. 88 p.
- Olsen S, Cole C, Watanabe F & Dean L. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture. 22 p.
- Potapov AM, Bernhard K, Dorothee S, Rahayu W & Stefan S. Linking size spectrum, energy flux and trophic multifunctionality in soil food webs of tropical land-use systems. *Journal of Animal Ecology*, 88(12): 1845-1859, 2019. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13027>.

- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 03/01/2021.
- Raiesi F, Salek-Gilani S. Development of a soil quality index for characterizing effects of land-use changes on degradation and ecological restoration of rangeland soils in a semi-arid ecosystem. *Land Degradation & Development*, 140: 1533-1544, 2020. <https://doi.org/10.1002/ldr.3553>.
- Salem H, Kirsch R, Pauchet Y, Windsor D, Fukatsu T & Gerardo NM. Symbiont digestive range reflects host plant breadth in herbivorous beetles. *Current Biology*, 30(15): 2875-2886, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.05.043>.
- Shannon CE & Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. 1. ed. Illinois: University of Illinois Press, Urbana. 131p.
- Siles JA & Margesin R. Abundance and diversity of bacterial, archaeal and fungal communities along an altitudinal gradient in alpine forest soils: what are the driving factors? *Microbiol Ecology*, 72(1): 207-220, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00248-016-0748-2>.
- Simpson EH. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688, 1949. <https://doi.org/10.1038/163688a0>.
- Souza TAF & Freitas H. 2018. Long-Term Effects of Fertilization on Soil Organism Diversity, p. 211-247. In: Gaba S, Smith B & Lichtfouse E (Eds). *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer, Cham, 541p.
- Souza TAF, Rodrigues AF & Marques LF. Long-term effects of alternative and conventional fertilization on macroarthropod community composition: a field study with wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated on a Ferralsol. *Organic Agriculture*, 6(4): 323-330, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13165-015-0138-y>.
- Stursova M, Snajdr J, Koukol O, Tláškal V, Cajthaml T & Baldrian P. Long-term decomposition of litter in the montane forest and the definition of fungal traits in the successional space. *Fungal Ecology*, 46(1): 2-12, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2020.100913>.
- Villagomez F, Palacios-Vargas JG, Castaño-Meneses G & Castellanos-Vargas I. Effect of tree identity, temporal variation and edaphic parameters on the structure of the edaphic community of Oribatid mites in an evergreen tropical forest of Mexico. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6): 14621-14639, 2019. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1462114639.
- Villanueva-López G, *et al.* Diversity of soil macroarthropods correlates to the richness of plant species in traditional agroforestry systems in the humid tropics of Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 286(1): 2-8, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106658>.
- Yahya M *et al.* Differential impact of land-use, season, and soil characteristics on the abundance of edaphic springtails (Insecta: Collembola) and mites (Arachnida: Acari). *Pakistan Journal of Zoology*, 54(4): 1483-1491, 2020. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20190817120809>.
- Zeraatpisheh M, Bakhshandeh E, Hosseini M & Alavi SM. Assessing the effects of deforestation and intensive agriculture on the soil quality through digital soil mapping. *Geoderma*, 363(1): e114139, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114139>.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo

n. 2, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886