

**Macrofauna edáfica em cultivo orgânico de cana-de-açúcar no norte do estado do
Paraná, Brasil**

Edaphic macrofauna in organic cultivation of sugar cane in northern Paraná, Brazil

**Macrofauna edáfica en el cultivo orgânico de caña de azúcar em el norte de Paraná,
Brasil**

Recebido: 14/09/2020 | Revisado: 22/09/2020 | Aceito: 24/09/2020 | Publicado: 26/09/2020

Rafael Alvim Gonzaga de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2115-7774>

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil

E-mail: rafael.ago@gmail.com

Jael Simões Santos Rando

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5191-2996>

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil

E-mail: jael@uenp.edu.br

Marie Luise Carolina Bartz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3637-8075>

Universidade Positivo, Brasil

E-mail: bartzmarie@up.com

Viviane Sandra Alves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2381-8115>

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil

E-mail: vivialves@uenp.edu.br

Resumo

Os organismos do solo desempenham papel predominante na formação e manutenção da estrutura do solo, e suas atividades afetam os processos físicos, químicos e biológicos do ecossistema edáfico. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da macrofauna edáfica em um sistema de cultivo orgânico de cana-de-açúcar. Foram realizadas amostragens de solo no verão e inverno, nos anos de 2014 e 2015 utilizando-se monólito para a coleta, e separando o solo em três camadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Em laboratório as amostras foram triadas e os invertebrados separados em Filos, contados e identificados. Os valores de abundância foram submetidos ao teste de médias Fisher LSD ($p <$

0,05) e feita também a Análise de Componentes Principais (ACP). Foram encontrados 5.760 indivíduos m⁻², concentrados na camada de 0-10 cm da superfície do solo, e no verão de 2014 ocorreu a maior diversidade populacional da macrofauna edáfica. Predominaram os grupos Formicidae, Chilopoda, Isopoda e Oligochaeta e, neste último, a espécie peregrina *Pontoscolex corethrurus*, cuja ocorrência sugere perturbações antrópicas.

Palavras-chave: Invertebrados do solo; Engenheiros do solo; Produção orgânica.

Abstract

Soil engineers play a predominant role in the formation and maintenance of soil structure, their activities affect the physical, chemical and biological processes of the soil ecosystem. The aim of this study was to perform a survey of the edaphic macrofauna community in a sugarcane cultivation on organic system. Soil samplings were made in the summer and winter in years of 2014 and 2015, using monolith separating soil in three layers. Soil samples were manually screened and the organisms identified. The values of population abundance being submitted to Fisher LSD ($p < 0.05$) and ACP (Principal Component Analysis) were performed also. 5,760 ind m⁻² were found, concentrated in the upper layer of the soil (0-10 cm) and in the summer season. Predominated Formicidae, Chilopoda, Isopoda, Oligochaeta groups and, in this last one, peregrine species *Pontoscolex corethrurus*, suggesting long-term anthropic disturbances in the managed sites.

Keywords: Soil invertebrates; Ecosystem engineers; Organic production.

Resumen

Los organismos del suelo juegan un papel predominante en la formación y mantenimiento de la estructura del suelo, y sus actividades afectan los procesos físicos, químicos y biológicos del ecosistema edáfico. El objetivo de este trabajo fue realizar un levantamiento de la macrofauna edáfica en un sistema de cultivo orgánico de caña de azúcar. Los muestreos de suelo se realizaron en verano e invierno en los años 2014 y 2015 utilizando un monolito para la recolección, y separando el suelo en tres capas a profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm. En el laboratorio se clasificaron las muestras y se separaron los invertebrados en Filos y se contaron e identificaron. Los valores de abundancia se sometieron a la prueba de medias de Fisher LSD ($p < 0.05$) y también se realizó el Análisis de Componentes Principales (PCA). Se encontraron 5.760 m⁻² individuos, concentrados en la capa de 0-10 cm de la superficie del suelo, y en el verano de 2014 se presentó la mayor diversidad poblacional de la macrofauna edáfica. Predominaron los grupos Formicidae, Chilopoda, Isopoda y Oligochaeta y, en este

último, la especie peregrina *Pontoscolex corethrurus*, cuya presencia sugiere perturbaciones antrópicas.

Palabras clave: Invertebrados del suelo; Ingenieros del suelo; Producción orgánica.

1. Introdução

A macrofauna do solo é formada por diversos grupos de animais invertebrados, com grande diversidade morfológica e comportamental. Por serem capazes de afetar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, os componentes da macrofauna são importantes para a avaliação da organização e funcionamento do mesmo (Steffen et al., 2013).

Os organismos classificados como transformadores da serapilheira atuam na superfície do solo, na fragmentação dos restos vegetais e incluem: Oligochaeta (epigeicas), Isopoda, Myriapoda, entre outros. Enquanto os Oligochaeta (endogeicas e anécias), Formicidae, Isoptera e larvas de Coleoptera, são denominados “engenheiros” do ecossistema pela capacidade que possuem de construir túneis, galerias, câmaras e ninhos no solo, e produzir uma variedade de estruturas organominerais (Lavelle, 1997; Wolters, 2000; Moço et al., 2005).

Apesar de ser reconhecida a importância da macrofauna para o equilíbrio e funcionamento dos ecossistemas, poucos são os estudos realizados em áreas sob cana-de-açúcar no Brasil, e restringem-se às regiões tropicais (Benazzi et. al., 2013; Abreu et. al., 2014; Franco et. al., 2016). Considerando ainda que a expansão canavieira nas regiões subtropicais merece atenção (Pasqualin et al., 2012), o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento dos organismos da macrofauna edáfica em um sistema de produção orgânico de cana-de-açúcar na região norte do estado do Paraná.

2. Metodologia

A área de amostragem para a condução desse estudo localiza-se na região norte do estado do Paraná, no município de Jaboti (-23.70289047 e -50.12447834, 520 m de altitude). O clima na região é subtropical Cfa (classificação de Köppen), caracterizado pela ocorrência de típicos verões quentes e úmidos, e de precipitação em todos os meses do ano. As temperaturas médias anuais nunca são superiores a 20 °C e a temperatura mínima do mês mais frio nunca é menor que 0 °C. O solo da área de amostragem é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Bhering & Santos, 2008).

A propriedade é caracterizada por ser de agricultura familiar e sua principal atividade é o cultivo de cana-de-açúcar sob manejo orgânico, há mais de 10 anos. Anteriormente pastagens predominavam na propriedade. A área de amostragem possui 15,6 ha, onde a colheita ocorre de forma manual *in natura* (sem a utilização de queimada). A caracterização dos atributos químicos do solo e umidade da área de amostragem foi realizada através de uma análise composta de oito pontos nas mesmas profundidades de 00-10, 10-20, 20-30 cm (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização química de solo e umidade média, em três profundidades, Jaboti, PR. (MO = matéria orgânica, P = fósforo, K = potássio, Ca = cálcio, Mg = magnésio e Al = alumínio).

Profundidade	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Umidade
Cm	g kg ⁻¹	CaCl ₂	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³			%
00-10	22.8	5.3	24.3	0.39	7.9	2.3	0.0	20
10-20	9.4	5.9	7.6	0.21	6.2	1.8	0.0	19
20-30	8.1	5.7	11.6	0.23	5.7	2.2	0.0	17

Fonte: Os autores (2020).

A amostragem da macrofauna do solo foi realizada baseada na metodologia proposta por Anderson e Ingram (1993), utilizando o método TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility Method*), sendo realizadas em quatro ocasiões: nos meses de janeiro de 2014 e 2015 (verão) e nos meses de julho de 2014 e 2015 (inverno). Foram amostrados 10 pontos distribuídos de forma aleatória e equidistantes no mínimo em 10 metros. Em cada ponto foi retirado um monólito de dimensões de 25x 25 cm de largura e 30 cm de profundidade com o auxílio de um amostrador de metal e separado nas camadas 0-10, 10-20 e 20-30 cm. As amostras passaram por triagem manual, com auxílio de pinças metálicas e os organismos encontrados foram fixados, conservados em solução de álcool 70% ou 92% (anelídeos) e armazenados em frascos de vidro devidamente etiquetados. Posteriormente foram identificados a nível de grandes grupos taxonômicos e contados. Os anelídeos foram identificados utilizando chaves e descrições de Righi (1990) e Blakemore (2002) e os outros grupos segundo Brusca & Brusca (2013). De acordo com Pereira et al. (2018) estudos de natureza quantitativa permitem uma análise precisa dos dados coletados pois são auxiliados matematicamente para compressão dos resultados. resultados que os dados sejam analisados com auxílio da matemática de métodos diversos técnicas matemáticas como as citadas a

seguir. análise Os dados obtidos para abundância foram expressos em indivíduos por metro quadrado (ind m^{-2}) e riqueza média e total em número de grupos ou espécies encontradas.

De cada amostra do TSBF, foi retirada uma amostra de solo onde foi mensurada a umidade, obtida pela diferença de peso entre uma amostra antes e após secagem na estufa, à 105°C, por 24 horas (Frighetto & Valarini, 2000).

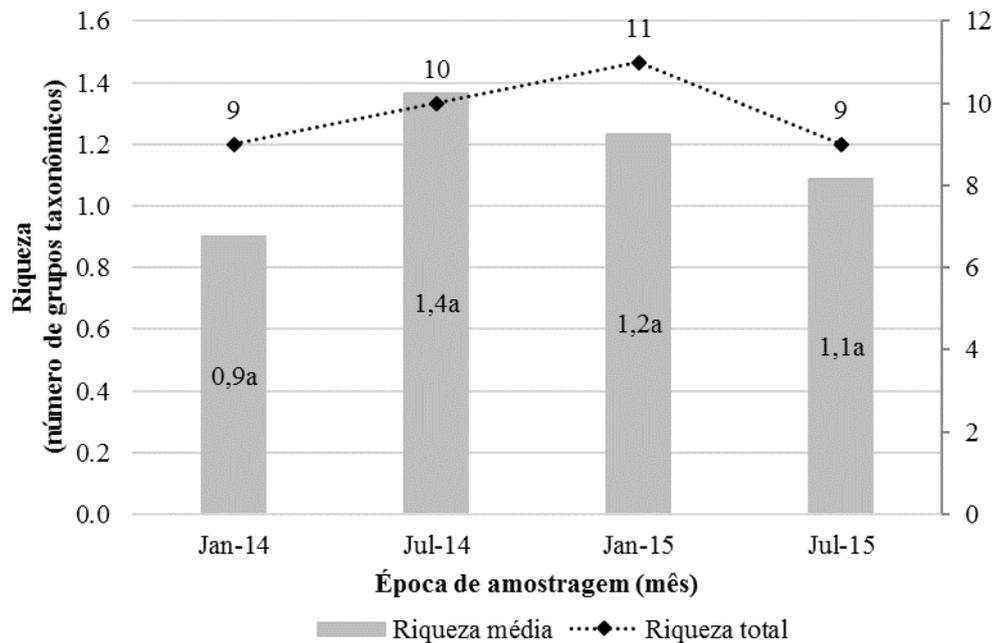
Essa pesquisa é de natureza quantitativa o que permite segundo Pereira et al. (2018), aplicar variadas técnicas estatísticas de análise, para uma melhor compreensão dos dados coletados.

A abundância total e riqueza média foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, sendo transformados em $\log(x+1)$ e submetidos ao teste de médias Fisher LSD ($p < 0,05$) utilizando o software Statistitca v7.0 (Statsoft, 2001) para verificar diferenças entre épocas de amostragem e entre as profundidades. As Análises de Componentes Principais (ACP) foram realizadas utilizando a abundância dos grupos da macrofauna, abundância total e riqueza média em relação às épocas de amostragem e em relação às profundidades de amostragem, utilizando o programa CANOCO versão 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002).

3. Resultados e Discussão

Foram encontrados no total 12 grupos taxonômicos da macrofauna: Aracnideos da ordem Aranae, insetos das ordens Lepidoptera e Diptera (fase larval); Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera (Família Formicidae) e, Orthoptera, numa única coleta. Também foram encontrados miriápodes das classes Chilopoda e Diplopoda, crustáceos da ordem Isopoda e anelídeos da classe Oligochaeta. Ao longo das quatro coletas, a riqueza total não se alterou muito, variando de nove a onze (Jan/14 e Jul/15) a 11 (Jan/15), enquanto não foi houve diferença significativa entre a riqueza média de grupos taxonômicos (Figura 1).

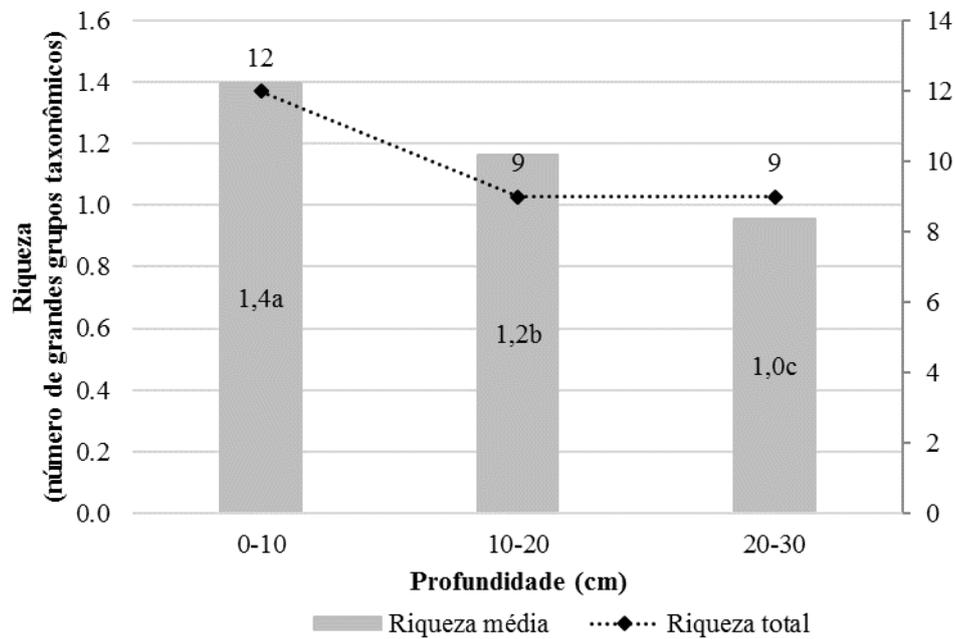
Figura 1 – Riqueza total e riqueza média de grupos taxonômicos da macrofauna do solo nas quatro coletas (Jan-14, Jul-14, Jan-15 e Jul-15) em área de cultivo de cana-de-açúcar orgânica na região norte do estado do Paraná, Brasil.



Independente da época de amostragem, a riqueza total variou de 12 grupos na camada de 0-10 cm e nove nas camadas de 10-20 e de 20-30 cm (Figura 2). Foram encontradas diferenças significativas entre as profundidades avaliadas, havendo maior riqueza média na camada superficial (0-10 cm) e menor na camada mais profunda (20-30 cm).

Considerando a abundância dos organismos da macrofauna nas diferentes épocas de amostragem, a maior quantidade foi encontrada em Jan/14 (101 ind m⁻²) e as menores em Jul/14 (24 ind m⁻²) e Jul/15 (26 ind m⁻²). Para Rosa et al. (2015) existe uma associação entre a abundância dos principais grupos que compõem a macrofauna edáfica e a época de amostragem. Na camada superficial de 0-10 foi encontrada a maior abundância, 65 ind m⁻² em relação às demais profundidades, 32 ind m⁻² de 10-20 e 31 ind m⁻² de 20-30 cm, condição similar obtida por Freitas & Dionisio (2014).

Figura 2 – Riqueza total e riqueza média de grupos taxonômicos da macrofauna do solo nas diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm) em área de cultivo de cana-de-açúcar orgânica na região norte do estado do Paraná, Brasil.

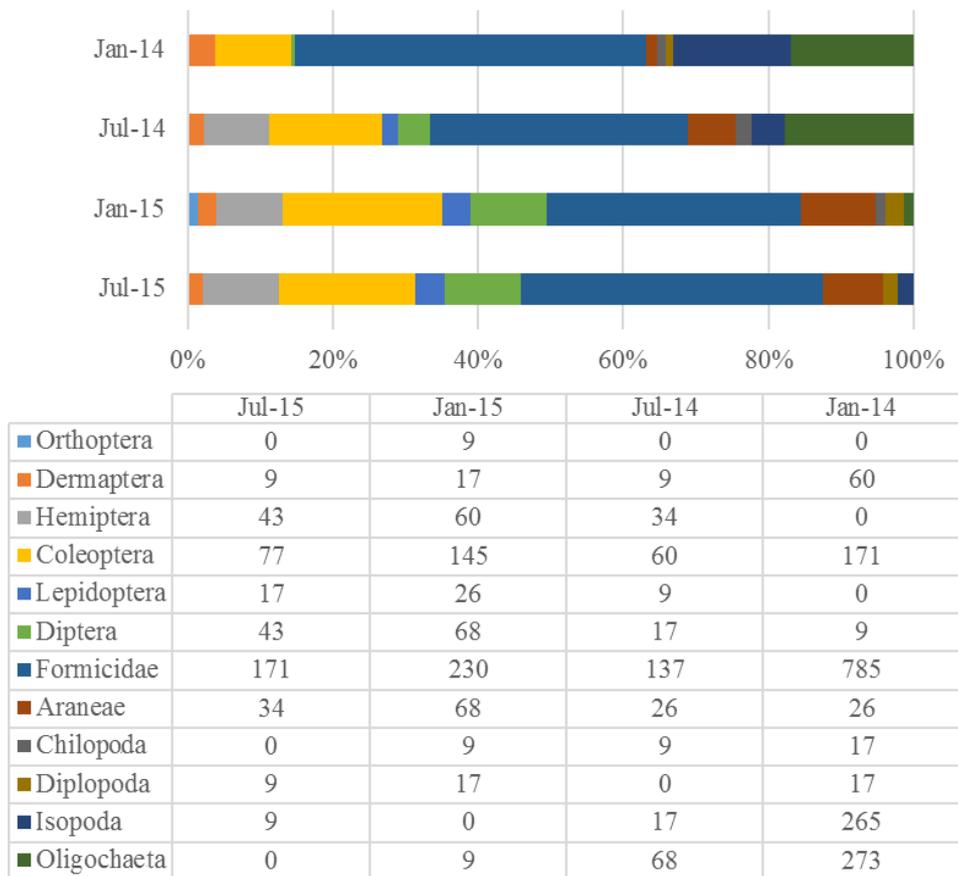


Fonte: Ao autores (2020).

Em relação à frequência relativa e abundância dos táxons e sua distribuição no inverno e verão de 2014 e 2015 (Figura 3) e profundidade (Figura 4), observa-se a dominância de insetos da Família Formicidae, resultado que corrobora ao registrado por (Lima et al., 2010).

De acordo com Martins et al. (2020), o uso do método TSBF pode ser eficaz na amostragem de espécies de formigas subterrâneas, e se constituir em importante ferramenta nos estudos de avaliação e qualidade do solo. As formigas fazem parte do grupo que são responsáveis pela quebra de agregados e deposição de pequenos grânulos na superfície do solo, tendo assim um efeito descompactante (Lavelle et al., 1997), ainda incorporam nutrientes, aeram os solos e regulam populações de outros organismos (Nakano et al., 2013).

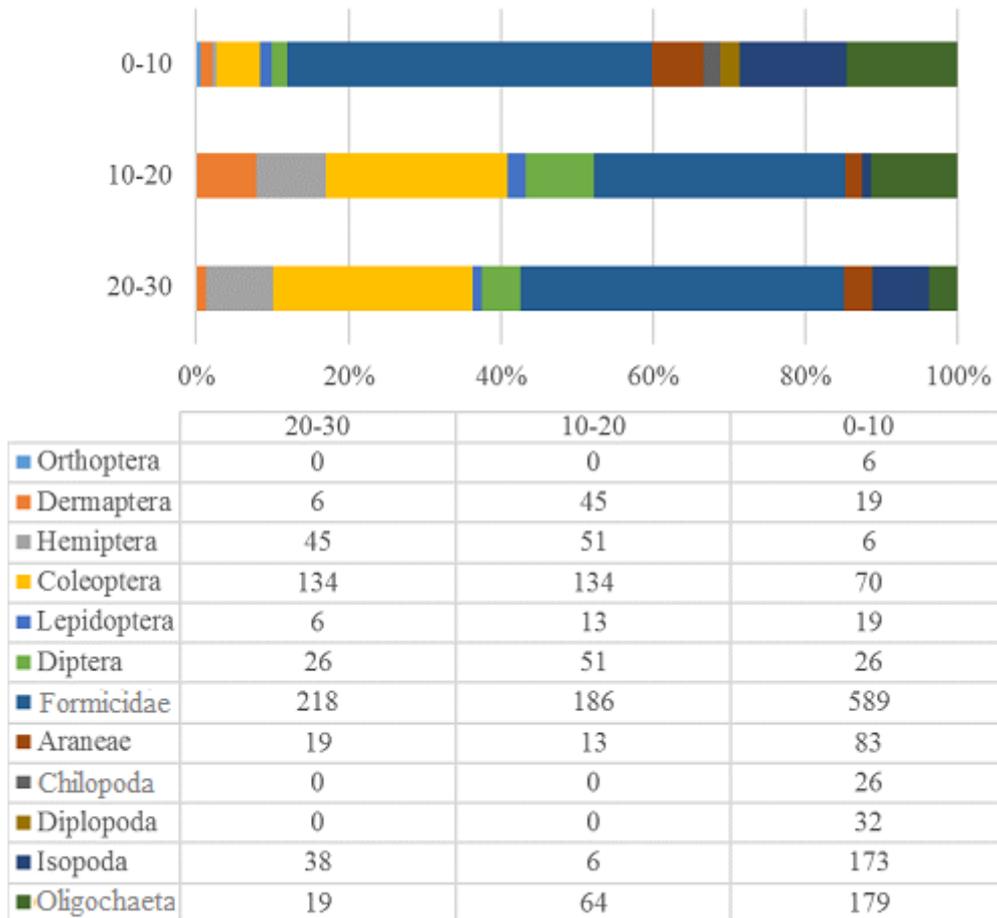
Figura 3 – Frequência relativa (%) e abundância (ind m⁻²) de cada grupo taxonômico da macrofauna do solo nas quatro coletas (Jan/14, Jul/14, Jan/15 e Jul-15) em área de cultivo de cana-de-açúcar orgânica na região norte do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: Os autores (2020).

A presença de cobertura vegetal atua como proteção, acúmulo e manutenção de umidade e disponibilidade de matéria orgânica (MO), contribuindo para a ocorrência de habitats favoráveis para colonização dos organismos invertebrados do solo (Silva e Mendonça, 2007). A maior abundância de organismos na camada superficial do solo se dá devido a cobertura vegetal, formada pela palhada da cana-de-açúcar, que se torna abundante em um sistema de colheita sem queimada e influencia positivamente na qualidade do solo (Portilho et al., 2011).

Figura 4 – Frequência relativa (%) e abundância (ind m⁻²) de cada grupo taxonômico da macrofauna do solo nas diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm) em áreas sob cana-de-açúcar orgânica na região norte do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: Os autores (2020).

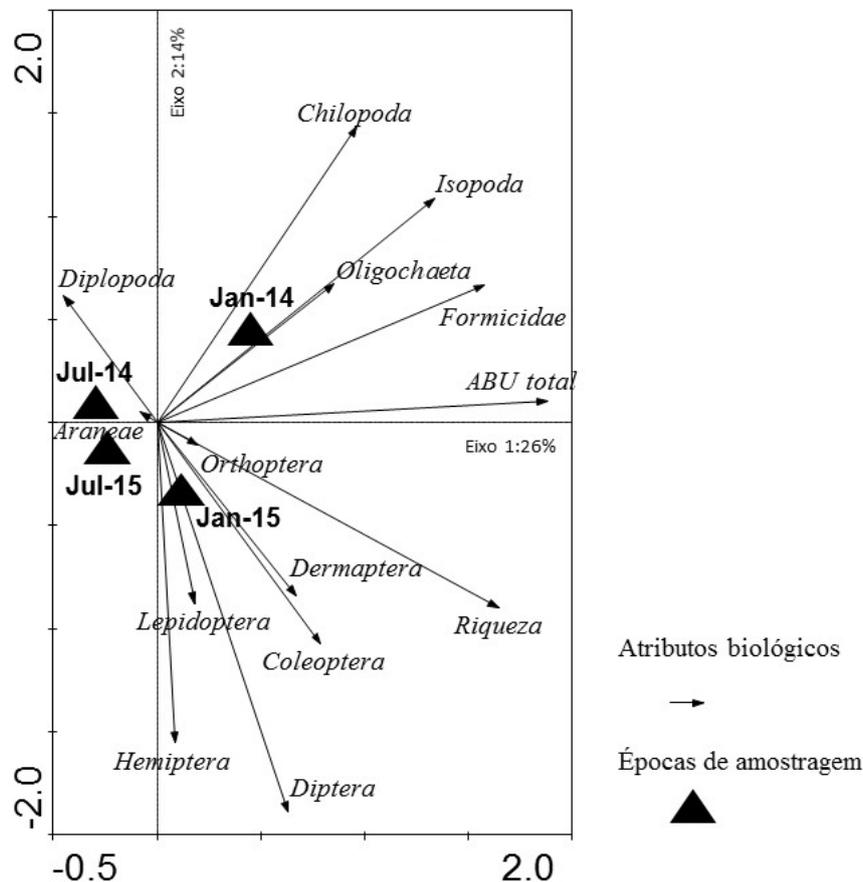
Teores mais elevados de MO e umidade influenciam a dinâmica as populações dos organismos edáficos, devido à decomposição dos resíduos vegetais (Shinitzer, 1991; López, 2005).

Na primeira amostragem, realizada em janeiro de 2014 (verão), houve a maior abundância da macrofauna. Diferentes fatores podem provocar essas alterações como a qualidade e quantidade da matéria orgânica na cobertura, que podem ter origem em mudanças climáticas alterando o meio físico e/ou por ações antrópicas (Khorramdel et al., 2013).

Em fevereiro de 2014 foi realizada gradagem no período de replantio da cana-de-açúcar, a fim de controlar as plantas invasoras na área cultivada. A perturbação ocorrida no solo com a gradagem após a primeira coleta pode ser considerado como o principal fator que influenciou as populações de invertebrados do solo, reduzindo significativamente a quantidade de indivíduos nas amostragens posteriores. A abundancia de invertebrados reflete

a qualidade do solo Dominguez et al. (2018), e em sistemas de plantio convencionais, como resultado da perturbação física do solo, ocorre a redução das populações de invertebrados nos agrossistemas, devido à movimentação provocada pelos implementos agrícolas(Sautter et al.,2007). Tal fato, além de reduzir o carbono disponível para alimentação, expõem os organismos à predação, e provocam altas taxas de mortalidade devido ao impacto dos equipamentos mecânicos e exposição à irradiação solar (Paoletti, 1999).

Figura 5 – Análise de Componentes Principais da abundância de cada grupo da macrofauna do solo, abundância total e riqueza média nas quatro épocas diferentes de amostragem (Jan-14, Jul-14, Jan-15 e Jul-15) em área de cultivo de cana-de-açúcar orgânica na região norte do estado do Paraná, Brasil.



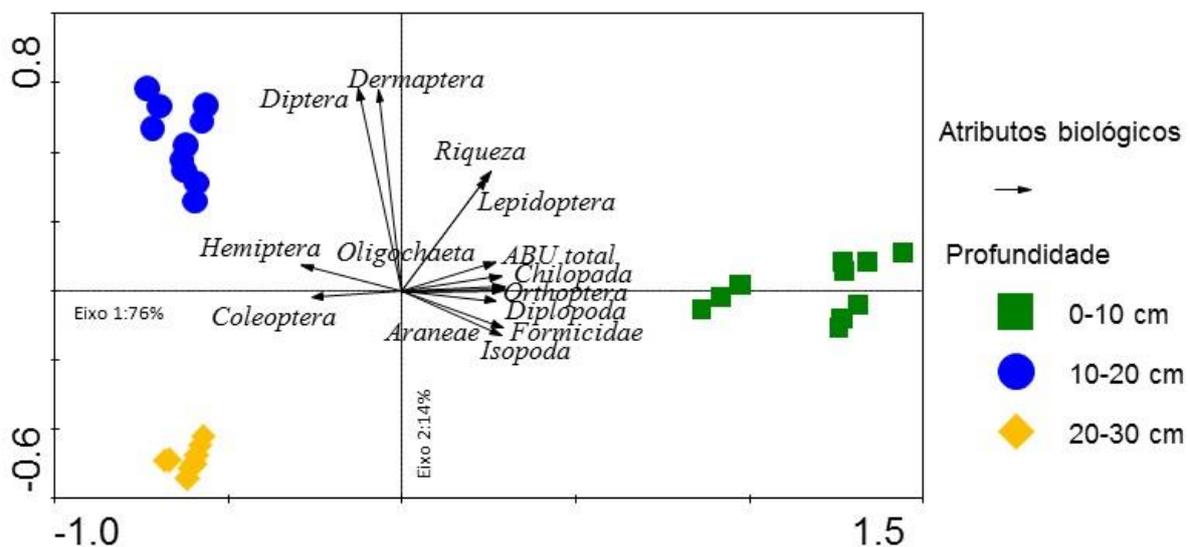
Fonte; Os autores (2020).

A Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando os dados de abundância de cada grupo da macrofauna encontrado, a abundância total e a riqueza média em relação às épocas de amostragem, representa 40% da variabilidade total dos dados, sendo que o eixo 1 representa 26% e a variável abundância total contribui para este eixo, enquanto o eixo 2 representa 14% e os grupos Hemiptera, Lepidoptera e Diptera que contribuem para este eixo

(Figura 5). A época de amostragem Jan-14 está correlacionada com os grupos mais abundantes da macrofauna do solo (Chilopoda, Isopoda, Oligochaeta e Formicidae) e a abundância total, enquanto Jan-15 está correlacionado com Hemiptera, Lepidoptera, Diptera e Coleoptera. As amostragens de inverno (Jun-14 e Jun-15) possuem as mais baixas abundâncias e se correlacionam pouco com Diplopoda e Araneae (Figura 5).

A ACP utilizando os dados de abundância de cada grupo da macrofauna encontrado, a abundância total e a riqueza em relação às profundidades amostradas, representa 90% da variabilidade total dos dados, sendo que o eixo 1 representa 76% e a variável abundância total, Oligochaeta, Chilopoda, Orthoptera, Diplopoda, Formicidae, Isopoda, Araneae contribuem para este eixo, e ajudam a separar a profundidade 0-10 cm das outras duas profundidades (10-20 e 20-30 cm) no quadrante oposto, e estas estão correlacionadas com os grupos Hemiptera e Coleoptera (Figura 6). O eixo 2 representa 14% e os grupos Diptera e Dermaptera são os que mais contribuem para sua explicação (Figura 6), no entanto não contribuem para a separação entre as profundidades amostradas.

Figura 6 – Análise de Componentes Principais da abundância de cada grupo da macrofauna do solo, abundância total e riqueza nas diferentes profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm) em área de cultivo de cana-de-açúcar orgânica na região norte do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: Os autores (2020).

Os indivíduos amostrados da Classe Oligochaeta foram identificados até nível de gênero e espécie. Foram encontrados três gêneros de minhocas na área amostrada. *Ponstocolex corethrurus*, *Dichogaster* sp. e *Ocnerodrilidae* sp. (Tabela 2).

A riqueza média de espécies de minhocas foi significativamente maior na primeira amostragem (Jan-14). Na amostragem de Jan-14 foram encontradas 76% de espécies exóticas e em Jul-14 e Jan-15 100%. Abundância total de minhocas foi significativamente maior também na amostragem de Jan-14. Na última amostragem estas não foram encontradas. A espécie de minhoca mais abundante foi *Ponstocolex corethrurus* e na amostragem de Jan-14. As demais espécies apesar da ocorrência somente na amostragem de Jan-14, suas abundâncias não diferiram entre as épocas de amostragem (Tabela 2).

Tabela 2 – Abundância de espécies, gêneros e famílias de minhocas e abundância total (ind m⁻²), riqueza média e riqueza total de espécies e porcentagem de espécies nativas e exóticas/peregrinas de minhocas em área de cultivo de cana-de-açúcar orgânica na região norte do estado do Paraná, Brasil.

Família, gênero e espécie de minhocas		Jan-14	Jul-14	Jan-15	Jul-15
<i>Pontoscolex corethrurus</i>		32.0a	8.0ab	1.6a	0.0a
<i>Dichogaster</i> sp.	ind m ⁻²	4.8a	0.0a	0.0a	0.0a
Ocnerodrilidae		1.6a	0.0a	0.0a	0.0a
Juvenis		9.6a	3.2a	0.0a	0.0a
Abundância total	ind m ⁻²	48.0b	11.2a	1.6a	0.0a
Riqueza media	nº	0.8b	0.3a	0.1a	0.0a
Riqueza total		3	1	1	0
Espéciesnativas	%	34	0	0	0
Espéciesexóticas/peregrinas		66	100	100	0

Fonte: Os autores (2020).

A riqueza média de espécies de minhocas foi significativamente maior na primeira amostragem (Jan-14). Na amostragem de Jan-14 foram encontradas 76% de espécies exóticas e em Jul-14 e Jan-15 100%. Abundância total de minhocas foi significativamente maior também na amostragem de Jan-14. Já na última, estas não foram encontradas. A espécie de minhoca mais abundante foi *Ponstocolex corethrurus* e na amostragem de Jan-14. As demais espécies apesar da ocorrência somente na amostragem de Jan-14, suas abundâncias não diferiram entre as épocas de amostragem (Tabela 2).

A espécie peregrina *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) conhecida popularmente como minhoca-mansa, é nativa da região neotropical da América do Sul, mas amplamente distribuída no Brasil, por isso sendo chamada de peregrina no estado do Paraná (Brown et al., 2006; Sautter et al., 2007) é considerada um bioindicador de áreas impactadas. É uma espécie endogeica e invasora, que geralmente coloniza solos tropicais perturbados competindo com

espécies nativas, onde a população é reduzida (Lavelle et al., 1987; Gonzalez et al., 2006). *P. corethrurus* pode ser tolerante a uma grande variação dos atributos químicos e físicos do solo, assim como de condições de umidade e temperatura, e tipos de solo (Darmawan et al., 2015).

Na camada superficial do solo (0-10 cm) no presente estudo (Tabela 1), o valor de pH foi favorável ao desenvolvimento das minhocas, uma vez que a acidez é um fator limitante para a sobrevivência desse grupo. Apesar de algumas espécies conseguirem viver em solos mais ácidos ou alcalinos, o pH ideal para desenvolvimento é entre 5,5-6,5, que coincide com o pH ideal para o desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas (Meinicke, 1983).

As espécies nativas apenas persistem onde a influência antrópica não é significativa e a vegetação nativa não foi substituída (Fragoso et al., 1999). As espécies nativas de minhocas são raramente encontradas em locais transformados ou intensivamente manejados (Steffen et al., 2013).

4. Considerações Finais

A maior densidade populacional da macrofauna edáfica ocorreu no verão de 2014 e na camada 0-10 cm do solo. Ocorreram 12 grupos taxonômicos e houve a predominância dos grupos Formicidae, Chilopoda, Isopoda e Oligochaeta. Ocorreram três gêneros de minhocas e a espécie *Pontoscolex corethrurus* destacou-se pela maior abundância.

Sugere-se que, em futuras pesquisas sobre macrofauna edáfica em áreas de produção orgânica, se faça o levantamento completo das características do solo e suas influências sobre a biodiversidade do ambiente, bem como o acompanhamento por um período maior de tempo.

Referências

Abreu, R. R. L., Lima, S. S., Oliveira, N. C. R. & Leite, L. F. C. (2014). Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(4), 409-16.

Anderson, J. M. & Ingram, J. S. I. (1993). *Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods*. (2a ed.), Wallingford: CAB International.

- Benazzi, E. S., Bianchi, M. O., Correia, M. E. F., Lima, E. & Zont, E. (2013). Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo – Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(6), 3425-42.
- Bhering, S. B. & Santos, H. G. (2008). *Mapa de Solos do Estado do Paraná: Legenda Atualizada*. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial.
- Blakemore, R. J. (2002). *Cosmopolitan earthworms-an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world*. VermEcology, PO BOX 414 Kippax, ACT 2615.
- Brown G. G., James, S. W., Pasini, A., Nunes, D. H., Bento, N. P., Martins, P.T. & Sautter, K. D. (2006). Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: Diversity, distribution, and effects on soils and plants. *Caribbean Journal of Science*, 42, 339-58.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J. (2013). *Invertebrados* (2a ed.), Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Darmawan, A., Atmowidi, T., Manalu, W. & Suryobroto, B. (2015). *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) (OligochaetaGlossoscolecidae) in forest transformation system in BungkuVillage, Jambi,Indonesia. *Biodiversity Journal*, 6, 505-12.
- Dominguéz, A., Jiménez, J. J., Ortíz, C. E. & Bedano, J. C. (2018). Soil macrofauna diversity as a key element for building sustainable agriculture in Argentine Pampas. *Acta Oecológica*, 92, 102-106.
- Fragoso, C., Kanyonyo, J., Moreno, A., Senapati, B. K., Blanchrat, E. & Rodriguez, C. A. (1999). Survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In P. Lavelle, L. Brussaard & P. Hendrix. *Earthworm management in tropical agroecosystems*. Wallingford: CAB International.
- Franco, A. L. C., Bartz, M. L. C., Cherubin, M. R., Baretta, D., Cerri, C. E., Feigl, B. J., Wall, D. H., Davies, C. A., & Cerri, C. C. (2016). Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*, 563–564, 160-8.

Freitas, M. P. & Dionísio, J. A. (2014). Oligoquetos edáficos em sistemas de cultivo orgânico e convencional, *Estudos de Biologia*, 36 (86), 92-102.

Friguetto, R. T. S., & Valarini, P. J. (2000). *Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.

Gonzalez, G., Huang, C.Y., Zou, X., & Rodriguez, C. (2006). Earthworm invasions in the tropics. *Biological Invasions*, 8, 1247-56.

Khorrandel, S., Koocheki, A., Mahallati, M. N., Khorasani, R., & Ghorbani, R. (2013). Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. *Soil and Tillage Research*, 133, 25-31.

Lavelle, P. (1997). Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, 27, 93-132.

Lavelle, P., Barois, I., Cruz, I., Fragoso, C., Hernandez, A., Pineda, A. & Rangel, P. (1987). Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolicidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. *Biology and Fertility of Soils*, 5, 188-94.

Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P., Heal, O. W. & Dhillion, S. (1997) Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal Soil Biology*, 33(4), 159-93.

Lima, S. S., Aquino, A. M., Leite, L. F. C., Velasquez, E. & Lavelle, P. (2010). Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo, em diferentes agroecossistemas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(3), 322-31.

Lopez, N. A., Vincini A. M., Clemente, N. L., Manetti, D. M. C. & Castillo, H. A. A. (2005). Densidad estacional y distribución vertical de los enchytraeidae (annelida: Oligochaeta) en diferentes sistemas de producción. *Ciencia Del Suelo (Argentina)*, 23, 115-21.

Martins, M. F. O., Thomazini, M. J., Baretta, D., Brown, G.G., Rosa, M. G., Zagatto, M. R. G., Santos, A., Naldony, H. S., Cardoso, G. B. X., Niva, C. C., Bartz, M. L. C. & Feitosa, R.

M. (2020). Accessing the subterranean ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in native and modified subtropical landscapes in the Neotropics. *Biota Neotropica*, 20(1). Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/bn/v20n1/1676-0611-bn-20-01-e20190782.pdf>.

Meinicke, A. C. (1983). *As minhocas*. Ponta Grossa: Coopersul.

Moço, M. K. S., Gama-Rodrigues, E. F., Gama-Rodrigues, A. C., & Correia, M. E. F. (2005). Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região do Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29 (4), 555-564.

Nakano, M. A., Miranda, V. F. O., Souza, D. R., Feitosa, R. M., & Morini, M. S. C. (2013). Occurrence and natural history of Myrmelachista Roger (Formicidae: Formicinae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86, 169-179.

Paoletti, M.G. (1999). The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 74, 137-55.

Pasqualin, L. A., Dionísio, J. A., Zawadneak, M. A. C., & Maçal, C. T. (2012). Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, 33 (1), 7-18.

Pereira, A., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., Shitsuka, R. (2018). Metodologia da Pesquisa Científica. Santa Maria: UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1

Portilho, I. I. R., Borges, C. D., Costa, A. R., Salton, J. C., & Mercante, F. M. (2011). Resíduos da cultura da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a fauna invertebrada epigeica. *Semina: Ciências Agrárias*, 32, 959-70.

Righi, G. (1990). *Minhocas de Mato Grosso e Rondônia*. Brasília: CNPq, (Relatório de Pesquisa, 12). Programa Polonoeste.

Rosa, M. G., Klauberg Filho, O., Bartz, M. L. C., Mafra, A. L., Souza, J. P. F. A., & Baretta, D. (2015). Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39 (6), 1544-1553.

Sautter, K. D., Brown, G. G., Pasini, A., Benito, N. P., Nunes, D. H., & James, S. W. (2007). Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In G. G. Brown & C. Fragoso (Eds.). *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia* (pp 383-96). Londrina: Embrapa.

Shinitzer, M. (1991). Soil organic matter: the next 75 years. *Soil Science*, 151,41-58.

Silva, I. R., & Mendonça, E. S. Matéria orgânica do solo (2007). In R. F. Novais, V. V. H. Alvarez, N. F. Barros, S. R. L. F. Fontes, R. B. Cantarutti & J.C.L. Neves (2007). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Steffen, G. P. K., Antonioli, Z. I., Steffen, R. B., & Jacques, R. J. S. (2013). Importância ecológica e ambiental das minhocas. *Revista de Ciências Agrárias*, 36,137-47.

Ter Braak, C. J. F., & Smilauer, P. (2002). *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Ithaca, Microcomputer Power.

Wolters, S. V. (2000). Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biology and Fertility of soils*, 31 (1), 1-19.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Rafael Alvim Gonzaga de Oliveira – 35%

Jael Simões Santos Rando – 35%

Marie Luise Carolina Bartz – 20%

Viviane Sandra Alves – 10%