

## ANÁLISE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM POMAR CASEIRO: SUBSÍDIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS NO BIOMA PAMPA

Analysis of edaphic macrofauna in orchard: subsidies for implementation of agroforestry homegardens in the Pampa Biome, Brazil

**Bianca Cristieli da Silva<sup>1</sup>, Adriana Carla Dias Trevisan<sup>2</sup>, Lucas Guilherme Pérez Elguy<sup>3</sup>, Marco Antonio Benamú<sup>4</sup>, Vagner Lopes da Silva<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Agrônoma, Pesquisadora do Grupo de Pesquisa Ecos do Pampa da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Estrela Velha, Brasil. OrcID: 0000-0001-8495-8301. [biancacristiele@gmail.com](mailto:biancacristiele@gmail.com)

<sup>2</sup>Docente de Agroecologia da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Líder do Grupo de Pesquisa Ecos do Pampa, Santana do Livramento, Brasil. OrcID: 0000-0002-5192-6431. [adriana-trevisan@uergs.edu.br](mailto:adriana-trevisan@uergs.edu.br)

<sup>3</sup>Estudante de Agronomia, da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santana do Livramento, Brasil. OrcID: 0000-0001-8968-5429. [lucas\\_1520@hotmail.com](mailto:lucas_1520@hotmail.com)

<sup>4</sup>Docente da Universidade da República do Uruguai. Rivera, Uruguai. OrcID: 0000-0002-5549-8059. [mбенamu@cur.edu.uy](mailto:mбенamu@cur.edu.uy)

<sup>5</sup>Docente da Universidade da República do Uruguai. Salto, Uruguai. OrcID: 0000-0003-3359-0935. [vagner@fagro.edu.uy](mailto:vagner@fagro.edu.uy)

### RESUMO

Os sistemas agroflorestais mitigam os impactos causados pelo manejo insustentável da agricultura contemporânea. A fauna edáfica promove serviços ecossistêmicos e pode ser considerada um bioindicador da qualidade do solo. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a diversidade da macrofauna edáfica por meio de amostragens aliada a aplicação da cromatografia de Pfeiffer em um pomar em Santana do Livramento (RS). Dentre as 12 ordens identificadas, os engenheiros do solo e fitófagos foram predominantes com destaque às ordens Hymenoptera, Isoptera e Coleoptera, representadas pelas formigas, cupins e besouros. Os cromatogramas revelaram que o solo da área é de textura arenosa, com compactação superficial e baixa taxa de mineralização de matéria orgânica. A avaliação dos grupos funcionais, aliado a cromatografia pode ser um instrumento para diagnosticar o estado de saúde do solo. Esta abordagem pode ser convertida em indicadores para estratégias de transição à quintais agroflorestais.

**Palavras Chaves:** bioindicadores, cromatografia de Pfeiffer, sistemas agroflorestais, transição agroecológica.

### ABSTRACT

Agroforestry systems mitigate the impacts caused by the unsustainable management of contemporary agriculture. Edaphic fauna promotes ecosystem services and can be considered as a bioindicator of soil quality. This study aimed to characterize the diversity of edaphic macrofauna through sampling combined with the application of Pfeiffer chromatography in an orchard in Santana do Livramento (RS, Brazil). Among the 12 orders identified, soil engineers and phytophagous were predominant, with emphasis on the orders of Hymenoptera, Isoptera and Coleoptera, represented by ants, termites and beetles. The chromatograms revealed that the soil in the area has a sandy texture, with superficial compaction and a low rate of mineralization of organic matter. The evaluation of functional groups, combined with chromatography, can be an instrument to diagnose the health status of the soil. This approach can be converted into indicators for backyard agroforestry transition strategies.

**Keywords:** bioindicators, Pfeiffer chromatography, agroforestry systems, agroecological transition.

## INTRODUÇÃO

O modelo agropecuário contemporâneo tem sido associado ao uso intensivo do solo e dos recursos naturais. O Pampa, historicamente manejado e forjado pela pecuária extensiva, tem sido invadido pela agricultura empresarial, especialmente pela dinâmica da sojização, que gera a “despeculiarização espacial” (MOREIRA et al., 2019). Assim, o domínio fitogeográfico do Pampa tem experimentado um intenso processo de deterioração dos solos em resultado da combinação entre sua gênese edáfica limitante e frágil e da pujante expansão agrícola.

O solo é um recurso natural não renovável, um ambiente vivo e dinâmico que fornece sustentação à uma rede de organismos vivos onde emergem os processos fundamentais ao funcionamento dos ecossistemas e agroecossistemas. A seleção e aplicação de indicadores que reflitam a sua qualidade respondem a necessidade de proteção dos serviços ecossistêmicos em função da crescente deterioração ambiental (CABRERA-DÁVILA, 2014). Assim, a perda da função ecológica do solo pode ser monitorada a partir de indicadores, tal como a presença ou ausência da atividade biológica e sua comunidade macrofaunística, a qual pode indicar tanto o grau de qualidade como de distúrbio do local.

A fauna do solo tem alta sensibilidade às modificações biológicas, físicas e químicas, resultantes das diferentes práticas de manejo do solo e de cultivo, interferindo na dinâmica de populações da macrofauna edáfica local (BARETTA et al., 2011). Devido à alta suscetibilidade da macrofauna às mudanças na cobertura vegetal e as consequentes mudanças nas variáveis ambientais locais, muitos autores propõem seu uso como indicadores de qualidade ou alteração ambiental, uma vez que é muito sensível as atividades antrópicas (LAVELLE et al., 2003). Nesse sentido, o território do Pampa vem vivenciando forte deterioração dos seus solos, que intensificado pela sua fragilidade, tem direcionado à brusca perda de diversidade e serviços ecossistêmicos associados à sua fauna edáfica.

Os sistemas agropecuários de base ecológica, que fomentam processos de regulação interna, têm em sua base o aumento da diversidade, especialmente da comunidade edáfica. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais (SAF) emergem como estratégia de promoção da diversidade, tanto acima como abaixo do solo. Uma maior estabilidade entre as comunidades

florísticas e edáficas benéficas é promovida em SAF, uma vez que os elementos lenhosos cedem resíduos, folhas e frutos, que, ao caírem no solo, mediados por processos ambientais, são decompostos com auxílio da fauna edáfica local. Numa dinâmica entre plantas e solo, esse processo aumenta o teor de matéria orgânica do solo, promove o aumento da fertilidade, a disponibilização de nutrientes às plantas e, o manejo de sombra, faz com que espécies pioneiras indesejáveis não sejam dominantes (SWIFT e BIGNELL, 2001).

Os SAF são arranjos produtivos que, em sinergia com os recursos naturais e os conhecimentos locais, promovem a biodiversidade a partir da utilização de espécies botânicas perenes e não perenes, podendo agregar ou não animais ao sistema produtivo (TREVISAN et al., 2020). São condutores à estabilidade e podem mitigar os impactos causados pelo manejo insustentável de produção agrícola contemporânea (DE FREITAS et al., 2018). Isso ocorre em função de que promovem a cobertura do solo, aumentam a ciclagem de nutrientes e diminuem a depleção de minerais, incrementando a produtividade do sistema agropecuário (BARISAUX, 2017; CANUTO, 2017). Um tipo estratégico de SAF são os quintais agroflorestais que, localizados próximo às residências possuem multipropósitos e representam uma resistência ao modelo preponderante, garantindo segurança nutricional e alimentar bem como, promoção de geração de renda e sustentabilidade no uso da terra (MBOW et al., 2014).

A rápida avaliação da qualidade do solo é uma importante estratégia no planejamento agrícola, possibilitando a identificação e o aprimoramento de sistemas de manejo com características de alta produtividade e de conservação ambiental (AMADO et al., 2007). Nesse sentido, o uso de arranjos metodológicos oferece oportunidades de conduzir dinâmicas de tomada de decisão visando processos de transição agroecológica que preveem o aumento dos indicadores de sustentabilidade do sistema produtivo. Assim, com foco na avaliação da qualidade biológica do solo e no aumento de sinergias dos componentes de sua biodiversidade, o presente estudo aliou duas abordagens metodológicas, o inventário da macrofauna edáfica e a cromatografia de Pfeiffer (ANDERSON et al., 1993; RESTREPO-RIVERA et al., 2011). Com o intuito de aplicação desta abordagem, os pomares existentes

no território do Pampa são estratégicos à promoção de processos de transição agroecológica, mitigando os efeitos deletérios do modelo de intensificação produtiva bem como promovendo os serviços ecossistêmicos e a adaptação à realidade cada vez mais acentuada de variabilidade climática.

Diante do exposto, promove-se uma ênfase às estratégias conectadas de produção agrícola de base ecológica e de conservação do Pampa a partir da utilização de sistemas biodiversos com alta estabilidade às perturbações. A promoção do conhecimento e utilização da macrofauna do solo associada a técnica da cromatografia junto aos agricultores e agricultoras familiares é de extrema importância, pois pode ser uma alternativa para verificação da qualidade do solo, sem a necessidade de tecnologias avançadas. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo a avaliação da qualidade biológica do solo de um pomar de caquizeiros sem manejo há 20 anos, visando estabelecer uma linha de base para a avaliação de pomares manejados na agricultura familiar e posterior implantação de quintais agroflorestais no Pampa.

## METODOLOGIA

### Localização da área de estudo

O presente estudo faz parte do Projeto Paisagens Resilientes no Pampa, uma parceria entre a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) e a Universidade da República do Uruguai (UdelaR). A região em estudo possui um relevo suave ondulado, solos do tipo Argissolo Vermelho distrófico abrupto, A moderado, textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado (FLORES et al., 2007). Segundo classificação de Köppen o clima é tipo Cfa com temperaturas médias que variam entre 15°C a 18°C, com mínimas de até -10°C e máximas de 40°C e precipitações médias anuais de 1.500 mm (SPGG-RS, 2021). O trabalho foi realizado em um pomar de caqui (*Diospyros* sp.) de 1008 m<sup>2</sup>, declividade moderada e inserido dentro do *Campus* Rural da UERGS, de 28 hectares, área limítrofe com o Assentamento União Rodeense. O plantio do referido caquizal foi realizado há 50 anos e desde o ano 2000 há ausência de manejo, fato este que o fez apto a este trabalho, e os dados

aqui coletados servirão como linha de base para comparação com outros pomares da agricultura familiar. Assim, a área em questão foi denominada quintal 1 (Q1) e, em função da diferença de relevo, foi estratificada em dois transectos, os quais designou-se Q1T1 e Q1T2 (30°52' 34.03" S; 55°25' 55.40" O).

### **Análise do solo por cromatogramas**

Além das amostragens do perfil do solo, dentro dos transectos foi realizada uma amostragem aleatória de cerca de 250 g de solo em uma profundidade de 20 cm para aplicação do método de cromatografia de Pfeiffer (PILON et al., 2018; RESTREPO-RIVERA et al., 2011). As amostras compostas foram coletadas e processadas no Laboratório de Sistemas Agroalimentares Sustentáveis da Udelar/Cenur-Noroeste (Rivera-Uruguai). Para o processamento das amostras, inicialmente foram retiradas impurezas e, após secagem, foram moídas em almofariz com pistilo, peneiradas em tecido de voal e retiradas subamostras de 5gr cada. Em seguida, cada subamostra foi inserida em um frasco de Erlenmeyer com 50 ml de solução extratora de hidróxido de sódio PA (NaOH) a 1% em água destilada, previamente elaborada. A solução resultante foi agitada manualmente, na primeira hora a cada 15 minutos e depois a cada hora, totalizando um período de 6 horas. Durante o repouso da solução, foi processada a perfuração central (2 mm) em papel filtro circular (Whatman nº1) além de duas marcações a lápis, uma a 4 cm e outra a 6 cm do centro. Em seguida um pavio de 2 cm × 2 cm, confeccionado com o próprio papel filtro, foi inserido na perfuração central do círculo. Assim, o papel filtro foi colocado sobre uma placa de Petri com 3 ml de solução de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) a 5% e, quando essa solução reveladora atingiu, por umedecimento, a marca de 4 cm do centro, foi retirado o pavio e o filtro circular foi colocado em uma caixa escura para secagem.

Com o papel de filtro com  $\text{AgNO}_3$  seco, foi adicionado um pavio novo e apoiado em placa de Petri 5 ml do material sobrenadante da solução solo + NaOH a 1% decantada por 6 horas. O cromatograma foi revelado no momento em que a solução do solo alcançou a marca de 6 cm, aí se retirou o pavio e colocou os cromatogramas para secar. Para interpretação dos dados

dos cromatogramas, elaborou-se um gráfico considerando as seguintes variáveis: matéria orgânica, metabolização mineral, atividade de microrganismos, compactação do solo e umidade do solo. Para elaboração do gráfico foi utilizada uma pontuação de 0-2 por descritor de qualidade do solo sendo que 0 representou as condições menos desfavoráveis e 2 as mais favoráveis.

### Avaliação da macrofauna edáfica

Para a amostragem da macrofauna edáfica foram delimitados dois transectos aleatórios de 5 m × 25 m, e coletadas amostras de camadas do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm em cinco pontos por transecto, bem como nas armadilhas *pitfall*. A macrofauna, conforme Swift et al. (1979), foi constituída de organismos de 2 a 20 mm de diâmetro corporal. Foram realizadas duas épocas de coleta no ano de 2019, uma no inverno, no mês de julho e outra no verão, em final de dezembro. O método utilizado à avaliação macrofauna do solo foi o Tropical Soil Biology and Fertility (ANDERSON et al., 1993). Assim, foi utilizada uma sonda de aço de 25 cm × 25 cm para delimitar cinco amostras por transecto. No momento de colocação da sonda de aço, primeiramente foi retirada uma amostra da serrapilheira presente e ensacada. Após a amostragem da serrapilheira, com o auxílio de uma marreta, a sonda de aço foi inserida no solo e retiradas subamostras nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade do perfil do solo. No momento de coleta das amostras, foram instaladas armadilhas tipo *pitfall* para a captura da macrofauna que atuam na interface solo-serrapilheira. O método consiste na disposição de recipientes plásticos de 10 cm de altura por 10 cm de diâmetro ao nível do solo para que os animais, ao se locomoverem, caiam nos recipientes contendo solução de NaCl saturada e detergente, para após serem identificados e contabilizados (HEISLER e KAISER, 1995).

Após a coleta das amostras de solo, o material foi imediatamente processado em laboratório a partir da separação, contagem e identificação dos organismos. Para a determinação dos diferentes organismos, foram utilizados microscópios estereoscópicos binoculares (NIKON SMZ 445), guias taxonômicos e chaves sistemáticas para a macrofauna (CABRERA-

DÁVILA, 2014; DIONISIO et al., 2016; PALACIOS et al., 2014). Posteriormente, foi realizada a caracterização e determinação dos grupos funcionais correspondentes à macrofauna edáfica sendo utilizado a classificação em quatro grupos funcionais, a saber: engenheiros do solo, detritívoros, fitófagos e predadores (CABRERA et al., 2011; MATIENZO et al., 2015; SANTOS, 2019; VARELA et al., 2007). O material coletado nas armadilhas foi retirado no sétimo dia, segundo metodologia utilizada por Brown e Matthews (2016) e processado seguindo o mesmo procedimento descrito para as amostras do perfil do solo. Todo o material foi processado e armazenado em álcool etílico 75% no Laboratório de Ecotoxicologia de Artrópodos Terrestres da UdelaR/CENUR-Noroeste (Rivera-Uruguai).

A análise estatística dos dados da macrofauna edáfica se deu por transecto e por época de coleta a partir do programa PAST 3.5 (HAMMER et al., 2001). Foram analisados os dados de riqueza taxonômica, abundância total de indivíduos, bem como as frequências e densidades por área no nível de ordens e grupos funcionais. Também foram estimados os parâmetros de diversidade taxonômica por meio dos índices de Shannon e Weaver (SHANNON e WEAVER, 1949) e de equidade de Pielou (PIELOU, 1969).

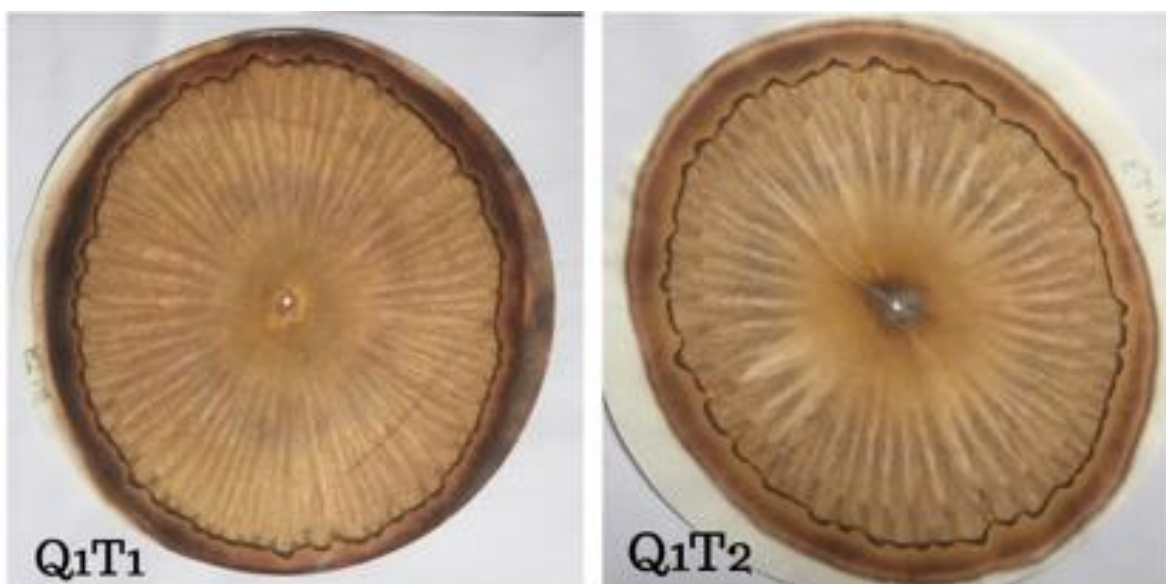
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise do solo por cromatogramas

De acordo com os cromatogramas elaborados (Figura 1), o solo das áreas mostrou-se de textura arenosa, com sinais de compactação superficial. Segundo Restrepo-Rivera et al. (2011), com a cromatografia de Pfeiffer é possível determinar a intensidade de vida no solo por meio das formas e colorações distintas reveladas nos cromatogramas nas suas 4 zonas: central, interna ou mineral, intermediária ou da matéria orgânica, externa ou enzimática (RESTREPO-RIVERA et al., 2011). Assim, a análise cromatográfica comparativa entre os dois transectos revelou a diferença entre as variáveis analisadas, refletindo a qualidade do solo a partir de uma pontuação de 0-2 que descreve, de forma crescente, a qualidade das variáveis utilizadas: presença de matéria orgânica (MO), nível de metabolização mineral (MM), atividade biológica (BIO), aeração do solo (AS) e condição de umidade (UM). Assim,



em Q1T1 e Q1T2 tem-se, respectivamente: MO= 1,0 e 1,5; MM= 1,5 e 1; BIO= 1,0 e 1,3; AS= 0 e 0; UM= 0 e 2.



**Figura 1.** Cromatogramas de solos coletados em dois transectos de quintal frutífero em Santana do Livramento, RS. (Q1T1= transecto 1; Q1T2= transecto 2). **Fonte:** Autores, 2022.

Conforme o ranqueamento apresentado, a maior umidade de Q1T2 se deve a sua posição topográfica mais baixa, com acúmulo de água e, por isso, o cromatograma mais escuro na porção central demonstra a presença de microrganismos de vida ligados ao metabolismo do enxofre. Neste sentido, Q1T1 demonstra estar melhor oxigenado, contudo, com menor atividade microbiológica, pois o tamanho da zona interna é menor quando comparado ao tamanho de Q1T2. A zona mineral dos dois transectos demonstram solos profundos e compactados, com mediana metabolização mineral. Na zona intermediária, com relação a metabolização, estes solos apresentam fragilidade mediana, pois, apesar de indicar presença de matéria orgânica, ela foi adicionada e não é “nativa” do solo, gerando assim uma mediana atividade biológica para ambos transectos, especialmente para Q1T1. Essa realidade de presença de matéria orgânica, metabolização e atividade biológica estão relacionadas ao fato de que na área de estudo não há manejo cotidiano de retirada da serrapilheira.



### Avaliação da macrofauna edáfica

A partir dos resultados da amostragem, percebe-se maior abundância de indivíduos em Q1T1 nos dois períodos avaliados, concentrada na camada superficial do solo (0-10 cm) e representados predominantemente por formigas, besouros e cupins. Convém destacar que nesta porção mais alta do quintal é visível uma maior variedade e cobertura vegetal do solo enquanto que em Q1T2, possui menor regeneração vegetal na superfície e solo desnudo. Nesse aspecto, no município de Esperantina, Piauí, sistemas heterogêneos quando comparados a cultivos homogêneos, demonstraram uma melhor qualidade do solo proporcionando um aumento na fauna edáfica, principalmente devido a cobertura do solo (LIMA et al., 2010). Outro aspecto identificado foi que no verão houve um decréscimo do número de indivíduos em relação ao inverno. Esse fato tende a ser explicado em função das altas temperaturas e falta de precipitação registrada no verão do referente estudo, prejudicando o aumento dos organismos nestes locais. Em contraponto, em estudos realizados em Santa Maria (RS) os dados resultantes foram contrastantes aos apresentados, ou seja, a maior incidência de indivíduos da macrofauna foi identificada no verão (GIRACCA et al., 2008).

Os resultados desse estudo sugerem que a intensidade de uso e de manejo do solo afetam a diversidade florística e conseqüentemente a abundância da macrofauna do solo. Como existe uma relação direta entre riqueza e abundância vegetal no ambiente e a cobertura do solo, destaca-se também que em Q1T1, a serrapilheira é visivelmente maior e mais desenvolvida, especialmente no inverno. De outro lado, o número de indivíduos capturados nas armadilhas *pitfall* demonstram que Q1T2 registrou maiores valores que a porção mais alta do quintal (Q1T1) no inverno, contudo, no verão não foi registrado nenhum indivíduo. Nesse sentido, destaca-se a hipótese de que houve maior facilidade de mobilidade dos organismos do solo em função da menor proporção de vegetação encontrada no local, o que induziu a uma maior taxa de queda dos mesmos nas armadilhas no inverno. De outro modo, destaca-se que no verão as armadilhas foram destruídas pela entrada fortuita de animais na área de estudo.

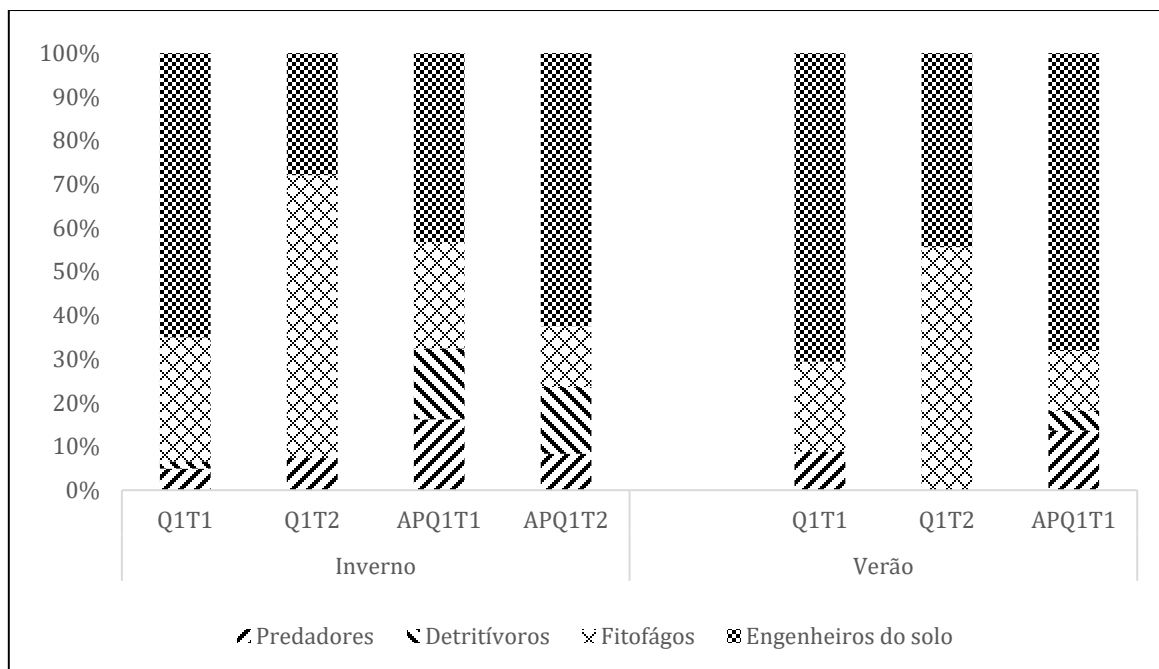
A Tabela 1 apresenta uma síntese da frequência relativa por ordem taxonômica nas amostras por camadas de profundidade do solo e armadilhas nos dois períodos de coleta. Os resultados demonstram que as ordens mais presentes em todas as amostras nos dois períodos de coleta foram Coleoptera e Hymenoptera. De acordo com Carvalho et al. (2017), a maior frequência relativa da fauna edáfica foi constatada para as ordens Coleoptera e Hymenoptera durante o inverno e verão em áreas de pessegueiro agroecológico, convencional e área nativa.

Para além da classificação por ordem, conforme apresentada na Tabela 1, a abordagem por grupos funcionais é estratégica ao manejo de agroecossistemas. Nesta abordagem, entende-se que organismos da fauna edáfica são indispensáveis para o funcionamento do solo, sendo responsáveis pelos processos que promovem a sua fertilidade. Assim, os predadores são os responsáveis por predação em sua maioria organismos não desejados do sistema, ou seja, faz parte do controle biológico do ambiente; os detritívoros decompõem os materiais tornando-os mais acessíveis em forma de nutrientes para as plantas; os fitófagos são aqueles que se alimentam das plantas e os engenheiros do solo são incumbidos da função de melhorar a estruturação do solo (MANHÃES, 2011). Neste sentido, a Figura 2 destaca a densidade absoluta dos grupos funcionais nos dois transectos do quintal estudado. Podemos verificar que o grupo dos engenheiros do solo prevaleceram em Q1T1 nas amostras das camadas do solo e em Q1T2 destacou-se os fitófagos. Nas armadilhas, os engenheiros do solo também se sobressaíram em relação aos demais grupos funcionais nos dois locais e nos dois períodos de coleta.

**Tabela 1.** Síntese da frequência relativa por taxonomia e grupos funcionais de amostras da fauna edáfica no inverno e verão de quintal frutífero em Santana do Livramento, RS.

GRUPO FUNCIONAL	CLASSE	ORDEM	FAMILIA	Local amostragem e época do ano														
				cobertura				0-10cm				10-20cm				armadilha		
				Q1T1		Q1T2		Q1T1		Q1T2		Q1T1		Q1T2		Q1T1	Q1T2	
				INV	VER	INV	VER	INV	VER	INV	VER	INV	VER	INV	VER	INV	VER	
Detritívoro	Insecta	Dermoptera	Labiidae	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Diplopoda	Julida	Julidae	0	0	0	0	11,6	0	0	0	0	0	0	0	5,4	0	0
	Insecta	Diptera	Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Insecta	Diptera	Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7	1,5	6,9
	Secementea	Rhabditida	Rhabditidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aracnída	Opilión	Phalangodidae	0	0	0	0	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,2	0	4,2	
Engenheiros do solo	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	0	17	62,5	33,3	5,2	7,9	2,4	15,4	0	18,2	70	70	40,5	68,2	62,5
	Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	0	0	0	0	0,7	0	7,3	0	47,3	0	15	15	2,7	0	0
	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	0	0	0	0	9,7	0	0	7,7	15,8	36,4	0	0	0	0	0
	Insecta	Isoptera	Rhinotermitidae	0	0	0	0	38,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fitófago	Insecta	Orthoptera	Acrididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0
	Insecta	Hemiptera	Cercopidae	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8
	Insecta	Diptera	Chironomidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Insecta	Coleoptera	Chysomelidae	0	0	0	0	0	1,9	0	15,4	0	0	0	0	0	0	0
	Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	33,3	0	12,5	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	5,4	0	0
	Insecta	Coleoptera	Curculionidae	0	0	0	0	0	1,9	0	0	10,5	9,1	0	0	0	0	0
	Insecta	Diptera	Drosophilidae	0	0	0	0	0	0	56,1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Insecta	Coleoptera	Elatereidae	0	0	0	0	0	3,9	0	0	21,1	0	10	10	5,4	0	2,8
	Insecta	Orthoptera	Gryllidae	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,4	7,7	1,4
	Insecta	Orthoptera	Gryllotalpidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Insecta	Lepidoptera	Noctuidae	0	0	0	0	0,7	0	19,5	7,7	0	0	0	0	2,7	0	0
	Malacostraca	Isopodos	Philosciidae	0	0	0	0	0	0	0	15,4	0	0	0	0	0	1,5	0
	Insecta	Hemiptera	Pyrrhocoridae	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4
	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	0	0	0	0	3,2	0	4,9	0	5,3	36,4	5	5	0	3	1,4
	Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	0	17	0	33,4	22,6	76,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Insecta	Diptera	Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,4	0	4,2
Insecta	Thysanoptera	Triphidae	0	0	0	0	0	0	0	23,1	0	0	0	0	0	0	0	
Predadores	Aracnída	Araneae	Lycosidae	11,1	33	12,5	0	0	0	7,3	0	0	0	0	10,8	9,1	1,4	
	Insecta	Coleoptera	Carabidae	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
	Insecta	Hymenoptera	Chalcididae	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Insecta	Neuroptera	Chrysopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Chilopoda	Lithobiomorpha	Henicopidae	0	0	0	0	0,6	1,9	2,5	7,7	0	0	0	0	0	2,8	
	Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	0	33	0	33,3	0	0	0	7,7	0	0	0	0	0	0	0
	Insecta	Hemiptera	Miridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4
	Aracnída	Scorpiones	Bothriuridae	0	0	0	0	0	5,9	0	0	0	0	0	0	1,5	0	
Insecta	Diptera	Syrphidae	33,4	0	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,4	0	2,8	

Fonte: Autores, 2022.



**Figura 2.** Relação entre densidade absoluta e grupos funcionais da fauna edáfica de quintal frutífero no inverno e verão em Santana do Livramento, RS. (Q1T1= transecto 1; Q1T2= transecto 2; APQ1T1= armadilha *pitfall* no transecto 1; APQ1T2= armadilha *pitfall* no transecto 2). **Fonte:** Autores, 2022.

O grupo dos fitófagos é considerado um indicador de deterioração ou perturbação do solo, uma vez que a fitofagia realizada estabelece a quantidade e a qualidade dos recursos que entram no solo, o que tende a afetar os detritívoros e predadores (ZERBINO et al., 2008). Segundo Santos (2019), a abundância de fitófagos encontrados em campo natural e em cultivo convencional pode estar associada à menor presença de predadores. No presente estudo entende-se que a predominância dos engenheiros do solo aliada a abundância de fitófagos pode indicar um estágio de transição nas funções do solo, criando ilhas de fertilidade em uma matriz de ambiente campestre.

Conforme Lima et al. (2010), em estudos realizados em agroecossistemas manejados com cobertura de solo por manejo de poda e roçada, houve abundância de formigas, térmitas e minhocas, representantes dos engenheiros do solo. O mesmo estudo destaca que houve uma relação entre o manejo, a macrofauna encontrada, a melhoria das condições climáticas e da disponibilidade de alimentos a detritívoros e predadores. Este fato reforça o objetivo de uso

de pomares para implantação de quintais agroflorestais como forma de unir qualificação do solo e produção agrícola de base ecológica.

Quando foi avaliado a relação entre grupos funcionais e ordens, destaca-se que no inverno em Q1T1, os engenheiros do solo da ordem Isoptera, com 32,8%, apresentaram maior densidade de indivíduos em relação aos demais grupos, e no verão, 64,7% da ordem Hymenoptera. Segundo Marques et al. (2014), a ordem Isoptera foi encontrada, somente no inverno, na serrapilheira da cultura do eucalipto e no solo das diferentes coberturas vegetais. No Q1T2 se destacou no inverno e verão a ordem Coleoptera do grupo dos fitófagos com 57,4% e 26,1%, respectivamente. Nas armadilhas identificam-se os engenheiros do solo com maior densidade em comparação aos outros grupos com destaque à ordem Hymenoptera no Q1T1 no inverno com 40,5% e no verão 68,1%. No Q1T2 no inverno, observou-se 60% de engenheiros do solo da ordem Hymenoptera e no verão nenhum indivíduo foi encontrado. Segundo Backes (2017), em estudos comparativos entre área de mata nativa, pousio e plantio convencional a ordem Hymenoptera foi a que apresentou o maior número de indivíduos em todas as áreas, em duas temporadas de coleta, seguidas das ordens Coleoptera, Diptera e Hemiptera.

Na Tabela 2, observa-se uma síntese das métricas relacionadas a abundância, número de ordens encontradas e índices de diversidade do presente estudo. O quintal estudado apresentou 12 ordens diferentes, com destaque as ordens Hymenoptera, Isoptera e Coleoptera, representados, com o maior número de indivíduos, pelas formigas, cupins e besouros. As diferenças observadas para a riqueza e abundância de táxons entre as áreas de amostragem refletem a sensibilidade frente as alterações na estrutura e manejo do solo (UEHARA-PRADO et al., 2009). Ao observar que Q1T2 apresenta-se bastante erodido pelas chuvas e com solo deteriorado, o referido transecto apresentou menor diversidade e abundância do que Q1T1. De acordo com Vargas et al. (2013), a estrutura do solo e o manejo praticado impõem limitações a certos grupos de invertebrados e tendem a contribuir ao desenvolvimento de outros.

**Tabela 2.** Relação entre riqueza, abundância e diversidade taxonômica da fauna edáfica em amostras no inverno e verão de um quintal frutífero em Santana do Livramento, RS.

TRANSECTO 1 (Q1T1)								
	INVERNO				VERÃO			
	COB	0-10cm	10-20cm	AP	COB	0-10cm	10-20cm	AP
Abundância	9	155	19	37	6	51	11	66
Nº ordens	4	9	2	9	3	4	2	6
Shannon	1,33	1,84	1,26	2,05	1,47	0,93	1,37	1,25
Pielou	0,96	0,68	0,91	0,82	0,91	0,48	0,85	0,54
TRANSECTO 2 (Q1T2)								
Abundância	7	41	20	75	3	13	7	0
Nº ordens	3	7	3	7	2	6	3	0
Shannon	0,8	1,35	0,91	1,68	1,1	1,99	1,35	0
Pielou	0,72	0,7	0,66	0,62	0,72	0,7	0,66	0,62

Fonte: Autores, 2022.

Conforme pôde-se observar, os dados do quintal avaliado demonstraram que, com relação aos índices de diversidade de Shannon, no inverno variou entre 0,8 (cobertura de Q1T2) a 2,0 (armadilha de Q1T1) e a equabilidade de 0,61 (armadilha Q1T2) a 0,95 (cobertura Q1T1). No verão, estes índices variaram de 0 (armadilha de Q1T2) a 1,9 (0-10cm de Q1T2) e a equabilidade de 0,47 (0-10cm Q1T1) a 0,91 (cobertura Q1T1). A diversidade de espécies é considerada um aspecto favorável às comunidades naturais e manejadas, pois confere estabilidade ao sistema e refere-se à pluralidade de organismos vivos de uma determinada comunidade, habitat ou região (CABRERA et al., 2011). A medida de equidade, que compara o índice de diversidade de Shannon com a distribuição das espécies observadas, no estudo em questão marcou uma tendência de maior diversidade em Q1T2 no verão, principalmente nas amostras de cobertura. Segundo MARQUES et al. (2014), no verão, a melhor distribuição de frequência dos indivíduos, nos diferentes grupos taxonômicos, proporcionou o maior índice de biodiversidade para o solo cultivado. Provavelmente, a melhor época para estudos da biodiversidade do solo seria o inverno, pois tende a apresentar melhores índices de equitabilidade.



## CONCLUSÕES

O valor da avaliação dos grupos funcionais da macrofauna edáfica em diferentes épocas do ano e ambientes pode ser um importante indicador para verificar a qualidade do solo e planejar o manejo agrícola em processos de transição agroecológica. Esta avaliação é especialmente importante no manejo de sistemas agroflorestais que tem como ponto central a biodiversidade acima e abaixo do solo como promotora da estabilidade e produtividade do sistema. Aliada a esta análise, a técnica de cromatografia de Pfeiffer auxilia no diagnóstico do estado de saúde do solo de forma simples e acessível para os agricultores e agricultoras. Essa abordagem metodológica pode ser estratégica para o redesenho de unidades produtivas que possuam pomares já estabelecidos. Nesse sentido, destaca-se que, para o território do Pampa, especialmente para pequenas propriedades familiares, pode ser um instrumento que alia geração de renda e promoção dos serviços ecossistêmicos.

## REFERÊNCIAS

- AMADO, Telmo, J. C.; CONCEIÇÃO, Paulo, C.; BAYER, Cimélio; ELTZ, Flávio, L. F. Qualidade do solo avaliada pelo “Soil Quality Kit Test” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 109–121, 2007.
- ANDERSON, Jim. M.; INGRAM, John S. I. (Editores), **Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods**. 2ª ed., Reino Unido: CAB International, 1993. 237 p.
- BACKES, Mateus, A. **Diversidade da Macrofauna Epiedáfica em Diferentes Usos do Solo na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul**. 2017. 37 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/1873>> Acesso em: 20 mai. 2021
- BARETTA, Dilmar; SANTOS, Julio C. P.; SEGAT, Julia C.; GEREMIA, Eliana V.; OLIVEIRA-FILHO, Luis C.S.; ALVES, Maurício V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 7, p. 119–170, 2011.
- BARISAUX, Marie. How have environmental concepts reshaped the agroforestry concept? **Bois et Forets des Tropiques**, v. 1, n. 331, p. 5–17, 2017.
- BROWN, Grant R.; MATTHEWS, Iain M. A review of extensive variation in the design of *pitfall* traps and a proposal for a standard *pitfall* trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 12, p. 3953-3964, 2016.
- CABRERA, Grisel; ROBAINA, Nayla; PONCE DE LEON, D. Composicion funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 34,

n. 3, p. 313–346, 2011.

CABRERA-DÁVILA, Grisel. **Manual Práctico sobre la Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico de la Calidad del Suelo, según resultados en Cuba**, Cuba: Rufford, 2014. 34p.

CANUTO, João, C. **Sistemas agroflorestais: experiências e reflexões**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 216 p.

CARVALHO, Juliana; LIMA, Ana; HENRIQUEZ, Jose; STOCKER, Cristiane; SCHEFFER, Bruno, DEL PINO, Bruno; RIBEIRO, Tamires, MORSELLI, Tânia. Avaliação da fauna edáfica sob cultivo de pessegueiro agroecológico, convencional e vegetação nativa. In: JORNADA DA PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA CONGREGA, 14., 2017, Bagé. **Anais...Bagé**: Urcamp, 2017. p. 697-711.

DE FREITAS, Welington; PORTZ, Adriano; PERES, Afonso; TARRÉ, Ricardo; CAMPOS, Matheus. Soil nutrient content and plant phytosociology in agroforestry systems of the Rio de Janeiro state highlands, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 40, n. 1, p. 1–8, 2018.

DIONISIO, Jair A.; PIMENTEL, Ida C.; SIGNOR, Diana; MONTEIRO DE PAULA, Alessandra; MACEDA, Arlei; MATTANNA, Ana L. **Guía práctica de biología del suelo**. 1ª ed. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2016. 152 p.

FLORES, Carlos; POTTER, Reinaldo; FASOLO, Pedro; HASENACK, Heinrich; WEBER, Eliseu. **Levantamento Semidetalhado de Solos**. 1ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 96p.

GIRACCA, Ecila; ANTONIOLLI, Zaida; STEFFEN, Ricardo; STEFFEN, Gerusa; SCHIRMER, Guilherme; ELTZ, Flávio. Influência da aplicação de calcário na população da meso e macrofauna do solo sob sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1794–1801, 2008.

HAMMER, Øyvind; HARPER, David A. T.; RYAM, Paul D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologica Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2001.

HEISLER, Claus; KAISER, Ernst. Influence of agricultural traffic and crop management on collembola and microbial biomass in arable soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 19, p. 159–165, 1995.

LAVELLE, Patrick; SENAPATI, Bikram; BARROS, Eleusa. Soil macrofauna. Soil Macrofauna. In: SCHROTH, Gotz; SINCLAIR, Fergus (Eds.). **Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods**. 1ª ed. Wallingford: Cabi, 2003. p. 303-323.

LIMA, Sandra; AQUINO, Adriana; LEITE, Luiz; VELÁSQUEZ, Elena; LAVELLE, Patrick. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.3, p. 322-331, 2010.

MANHÃES, Carmen. **Caracterização da Fauna Edáfica de Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado do Rio de Janeiro**, 2011. 71p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/08/Carmen.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

MARQUES, Daniela; SILVA, Adriano; SILVA, Luciana; MOREIRA, Edimar; PINTO, Gabriel. Macrofauna Edáfica em Diferentes Coberturas Vegetais Edaphic Macrofauna in Different Plant Covers, **Biological Sciences**, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, 2014.

MBOW, Cheikh; NOORDWIJK, Meine; LUEDELING, Eike; NEUFELDT, Henry; MINANG, Peter; KOWERO, Godwin. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 61–67, 2014.

MOREIRA, Juliana; CONTERATO, Marcelo; MATTE, Alessandra. Transformações produtivas e mudanças no uso da terra no Pampa brasileiro: influências do avanço da soja na bovinocultura de corte. **Campo e Território**, v. 14, n. 33, p. 179-207, 2019.

PIELOU, Evelyn. **An introduction to mathematical ecology**. 1ª. ed, New York: John Wiley, 1969. 286 p.

PILON, Lucas; CARDOSO, Joel; MEDEIROS, Fabricio. **Guia Prático de Cromatografia de Pfeiffer**. Pelotas, RS: Embrapa, 2018. 18p.

RESTREPO-RIVERA, Jairo; PINHEIRO, Sebastião. **Cromatografia**. 1ª. ed, Cali: Feriva, 2011. 249 p.

SANTOS, Pablo. **Determinación y análisis de la funcionalidad de la Fauna Edáfica, como posibles bioindicadores de calidad de suelo, en cuatro tipos de usos de suelo en el departamento de Rivera**, 2019. 40p. Monografía (Licenciatura en Recursos Naturales) – Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.

SHANNON, Claude; WEAVER, Warren. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 125 p.

SPGG-RS. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**, 2021. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

SWIFT, Mike; HEAL, Willian; ANDERSON, Jonathan M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Oxford: University of California Press, 1979. 372 p.

SWIFT, Mike; BIGNELL, David. **Standard methods for assessment of soil biodiversity and land use practice**. Lecture Note 6B, Bogor, Indonesia: International Centre For Research In Agroforestry, 2001. 40 p.

TREVISAN, Adriana C. D.; BENAMU, Marco A.; SILVA, V. Paisagens rurais biodiversas: Sistemas Agroflorestais no Pampa. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 8., 2020, Montevideo. **Anais...**Montevideo: Universidad de la Republica del Uruguay, 2020. p. 1520-1526.

UEHARA-PRADO, Marcio P.; FERNANDES, Juliana O.; BELLO, Ayr M.; MACHADO, Glauco; SANTOS, Adalberto J.; VAZ-DE-MELLO, Fernando Z.; FREITAS, André V. L. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, p. 1220–1228, 2009.

VARELA, Amanda; CORTÉS, Camilo; COTES, Catalina. Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. **Revista Colombiana de Entomología**. v. 33, n. 43, p. 45–53, 2007.

VARGAS, André B.; CHAVES, Daniela A.; VAL, Guilherme A.; SOUZA, Caio G.; FARIAS, Richard M.; CARDOZO, Cassiane; MENEZES, Carlos E.G. Diversidade de artrópodes da macrofauna edáfica em diferentes usos da terra em pinheiral. **Acta Scientiae & Technicae**, v.1, n.2, p. 21-27, 2013.

ZERBINO, Maria S.; ALTIER, Nora A.; MORÓN, Alejandro; RODRÍGUEZ, Claudia. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. **Agrociencia**, v. 7, n. 1, p. 44-55, 2008.