

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ERIVELTO FOLHATO TOLFO

**COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA SOB SISTEMA DE
SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS ASSOCIADAS AO USO DE PLANTAS
DE COBERTURA**

DOIS VIZINHOS - PR

2022

ERIVELTO FOLHATO TOLFO

**COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA SOB SISTEMA DE
SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS ASSOCIADAS AO USO DE PLANTAS
DE COBERTURA**

**Composition and diversity of edaphic fauna under the succession and rotation system of
crops associated with the use of coverage plants**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias – Área de Concentração: Agroecossistemas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos (UTFPR–DV).

Orientadora: Profa. Dra. Dinéia Tessaro.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Fernando Adami.

DOIS VIZINHOS - PR

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ERIVELTO FOLHATO TOLFO

COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA SOB SISTEMA DE SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS ASSOCIADAS AO USO DE PLANTAS DE COBERTURA

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Agroecossistemas.

Data de aprovação: 24 de Outubro de 2022

Dra. Dinéia Tessaro, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Dr. Carlos Alberto Casali, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Dr. Mauricio Vicente Alves, Doutorado - Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 06/12/2022.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Antonio Rene Dalosto Tolfo e Ivone Folhato Tolfo, por sempre ter me incentivado a estudar e persistir em meus sonhos, e ao meu irmão Everton Folhato Tolfo que sempre esteve ao meu lado.

À minha namorada Elizabete Artus Berte, que esteve comigo ao longo desta caminhada, sempre me apoiando e me fortalecendo.

Agradeço a minha orientadora Professora Doutora Dinéia Tessaro, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Agradeço ao meu coorientador Professor Doutor Paulo Adami pela colaboração e confiança.

Ao professor Doutor Lucas da Silva Domingues por todo o auxílio nas análises estatísticas.

E a todos colegas do grupo de pesquisa de Biologia do Solo: Jéssica Camile da Silva, Luis Felipe Wille Zarzicki e Ketrin Lorraine Kubiak, obrigado por toda a contribuição na execução dos meus experimentos.

Aos amigos e colegas, que fizeram parte desta jornada, meu muito obrigado.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas pela oportunidade de realizar o mestrado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado, sob código de financiamento – 88887.612319/2021-00, sem isso a obtenção deste título não seria possível.

RESUMO

A fauna edáfica é um importante componente da biodiversidade do solo e está sendo alterada pelos sistemas de cultivo agrícola. Esses organismos apresentam grande diversidade, contribuindo para importantes serviços ambientais e para a qualidade biológica do solo, sendo utilizados como bioindicadores em agroecossistemas. Os invertebrados edáficos são extremamente sensíveis às mudanças ambientais, respondendo rapidamente às operações de manejo, refletindo claramente o quão conservacionista uma prática pode ser considerada. A avaliação desses organismos permite determinar quais grupos taxonômicos estão presentes e quais funções desempenham em diferentes agroecossistemas. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a abundância e diversidade da fauna edáfica em sistemas e rotação e sucessão de cultura associadas ao uso de plantas de cobertura. O estudo foi realizado na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos, em três períodos distintos em uma área de 3 hectares com quatro sistemas de produção distribuídos em 12 parcelas, com subparcelas de diferentes espécies de cultivo em determinadas épocas do ano. Para a determinação dos atributos químicos e físicos do solo foram obtidas amostras de solo na profundidade 0-10 cm. A fauna edáfica foi amostrada com 72 armadilhas *Pitfall-traps*. A classificação dos organismos procedeu-se em nível de grandes grupos taxonômicos (Ordem ou Família). As coletas ocorreram em agosto e dezembro de 2020 e em abril de 2021. Os dados obtidos foram submetidos a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para testar as diferenças na composição dos grupos funcionais da fauna edáfica, considerando o efeito das subparcelas, dos sistemas e dos períodos amostrais. Valores de riqueza e abundância foram utilizados para determinação dos índices ecológicos, os quais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à análise de variância, e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Buscando compreender a relação existente entre os organismos edáficos e os atributos químicos, foi realizada a Análise de Correlação Canônica. Foram identificados ao total 100.719 indivíduos, distribuídos em 19 grupos taxonômicos. A Ordem Coleoptera apresentou 1.142 indivíduos, distribuídos em 12 famílias. Com relação à composição da fauna edáfica, a análise multivariada PERMANOVA evidenciou que não houve diferença estatística significativa das subparcelas sobre a composição da fauna edáfica e para as famílias da ordem Coleoptera. Contudo, em relação aos sistemas, houve diferença estatística significativa em todas as coletas. Ainda com relação à composição da fauna edáfica, a PERMANOVA indicou significância para o fator sazonalidade. Os sistemas de rotação e sucessão de culturas associados ao uso de plantas cobertura influenciam de forma semelhante a diversidade e abundância da fauna edáfica. As diferentes épocas de coleta influenciam a fauna edáfica, principalmente pela oferta de alimento em cada época amostral. Os atributos químicos do solo apresentam correlação com a distribuição da fauna edáfica.

Palavras-chave: Fauna do solo; Bioindicadores de qualidade do solo; Agroecossistemas; Sistema de Plantio Direto.

ABSTRACT

Edaphic fauna is an important component of soil biodiversity and is being altered by agricultural cropping systems. These organisms present great diversity, contributing to important environmental services and to the biological quality of the soil, being used as bioindicators in agroecosystems. Edaphic invertebrates are extremely sensitive to environmental changes, responding quickly to management operations, clearly reflecting how conservationist a practice can be considered. The evaluation of these organisms makes it possible to determine which taxonomic groups are present and which functions they play in different agroecosystems. In this sense, this work aims to evaluate the abundance and diversity of edaphic fauna in crop rotation and succession systems associated with the use of cover crops. The study was carried out at the experimental farm of the Federal University of Technology - Paraná at the Dois Vizinhos, in three different periods in an area of 3 hectares with four production systems distributed in 12 plots, with subplots of different crop species at certain times of the year. For the determination of chemical and physical soil taxes, soil samples were obtained at a depth of 0-10 cm. The edaphic fauna was sampled with 72 pitfall-traps. The classification of organisms was carried out at the level of large taxonomic groups (Order or Family). The collections took place in August and December 2020 and in April 2021. The data obtained were subjected to Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) to test the differences in the composition of the functional groups of the edaphic fauna, considering the effect of subplots, systems and sample periods. Richness and abundance values were used to determine the ecological indices, which were submitted to the Shapiro-Wilk normality test and to the analysis of variance, and compared by the Tukey test at 5% probability. Seeking to understand the relationship between edaphic organisms and chemical attributes, a Canonical Correlation Analysis was performed. A total of 100,719 individuals were identified, distributed in 19 taxonomic groups. The Order Coleoptera presented 1,142 individuals, distributed in 12 families. Regarding the composition of the edaphic fauna, the PERMANOVA multivariate analysis showed that there was no statistically significant difference between the subplots on the composition of the edaphic fauna and for families of the order Coleoptera. However, in relation to the systems, there was a statistically significant difference in all collections. Still regarding the composition of the edaphic fauna, PERMANOVA indicated significance for the seasonality factor. Crop rotation and succession systems associated with the use of cover crops similarly influence the diversity and abundance of edaphic fauna. The different collection times influence the edaphic fauna, mainly due to the food supply at each sampling time. Soil chemical attributes are correlated with the distribution of edaphic fauna.

Keywords: Soil fauna; Soil quality bioindicators; Agroecosystems; No-tillage System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação da fauna do solo por diâmetro.....	21
Gráfico 1 – Precipitação média em milímetros e temperatura média de agosto de 2020 a abril de 2021, no município de Dois Vizinhos – Paraná.....	29
Figura 2 – Área experimental com 12 parcelas e as divisões dos sistemas de produção.....	30
Fotografia 1A – Armadilha <i>Pitfall-traps</i> instalada na área experimental para coleta da fauna edáfica. B – Armadilha <i>Pitfall-traps</i> com cobertura de proteção.....	32
Fotografia 2 – Lavagem das amostras.....	33
Fotografia 3 – Organismos da fauna edáfica armazenados em frascos J23 com solução e álcool 70%.....	33
Fotografia 4 – Identificação da fauna edáfica com auxílio do microscópio estereoscópio.....	34
Gráfico 2 - Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna edáfica associada a solos em sistemas de produções de rotações e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), primavera 1° safra 2020/2021 (B), outono safrinha de 2021 (C). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....	39
Gráfico 3 – Contribuição em porcentagem dos grupos taxonômicos da fauna edáfica associada a solos em sistemas de produções de rotação e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, obtida através da análise SIMPER, para diferenciação dos sistemas, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), primavera 1° safra 2020/2021 (B) e outono safrinha de 2021 (B). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....	46
Gráfico 4 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente aos grupos taxonômicos da fauna edáfica sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao inverno entressafra 2020. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....	51
Gráfico 5 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente aos grupos taxonômicos da fauna edáfica sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente a primavera 1° safra 2020. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....	52
Gráfico 6 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente aos grupos taxonômicos da fauna edáfica sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao outono safrinha de 2021 (C). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....	53
Gráfico 7 – Frequência relativa das famílias da ordem Coleoptera associada a solos de sistemas de produções de rotações e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de	

cobertura, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), primavera 1° safra 2020/2021 (B), outono safrinha de 2021 (C). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....62

Gráfico 8 – Contribuição em porcentagem das famílias da Ordem Coleoptera associada a solos em sistemas de produções de rotação e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, obtida através da análise SIMPER, para diferenciação dos sistemas, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), e outono safrinha de 2021 (B). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....68

Gráfico 9 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente as famílias da Ordem Coleoptera sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao inverno entressafra 2020. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....71

Gráfico 10 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente as famílias da Ordem Coleoptera sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente a primavera 1° safra 2020/2021. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....72

Gráfico 11 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente as famílias da Ordem Coleoptera sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao outono safrinha 2021. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....73

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Sistema de Produção n° 1: Sucessão 1 (Safr 2020/2021) – Parcelas: 1, 5 e 11...30
- Tabela 2 – Sistema de Produção n° 2: Sucessão 2 (Safr 2020/2021) – Parcelas: 3, 6 e 10...31
- Tabela 3 – Sistema de Produção n° 3: Rotação 1 (Safr 2020/2021) – Parcelas: 7, 9 e 12.....31
- Tabela 4 – Sistema de Produção n° 4: Rotação 2 (Safr 2020/2021) – Parcelas: 2, 4 e 8.....31
- Tabela 5 – Caracterização química do solo em sistemas de rotação e sucessão de culturas na camada de 0 – 10 cm. Dois Vizinhos, 2022.....35
- Tabela 6 – Grupos edáficos e número de indivíduos amostrados nos sistemas de sucessão e rotação de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....38
- Tabela 7 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada aos organismos da fauna edáfica para os sistemas, subparcelas e interação entre os fatores para a coleta de entressafra, 1° safra e safrinha. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....43
- Tabela 8 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada aos organismos da fauna edáfica para os sistemas, sazonalidade e interação entre os fatores sistemas e sazonalidade. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....44
- Tabela 9 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações, entre os sistemas de produção de rotação e sucessão associados a plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....45
- Tabela 10 – Número médio de indivíduos coletados por repetição (NMIR), riqueza média de grupos taxonômicos, índice de dominância de Simpson (C) índice de diversidade de Shannon (H'), riqueza de Margalef (DMg) e uniformidade de Pielou referentes à fauna edáfica em sistemas de rotação e sucessão de culturas associada ao uso de plantas de cobertura. Dados em cada época de coleta. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....48
- Tabela 11 – Número médio de indivíduos coletados por repetição (NMIR), riqueza média de grupos taxonômicos, índice de dominância de Simpson (C) índice de diversidade de Shannon (H'), riqueza de Margalef (DMg) e uniformidade de Pielou referentes à fauna edáfica em sistemas de rotação e sucessão de culturas associada ao uso de plantas de cobertura. Dados da média das três épocas de coleta. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....49
- Tabela 12 – Família e número de indivíduos da Ordem Coleoptera amostrados nos sistemas de sucessão e rotação de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....62
- Tabela 13 – Abundância e grupos tróficos da ordem Coleoptera nos sistemas de rotação e sucessão de culturas associado ao uso de plantas de cobertura durante as coletas de entressafra, 1° safra e safrinha. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....65

Tabela 14 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada aos organismos da fauna edáfica para os sistemas, subparcelas e interação entre os fatores para a coleta de entrassafra, 1º safra e safrinha. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....66

Tabela 15 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada as famílias de Coleoptera para os sistemas, sazonalidade e interação entre os fatores sistemas e sazonalidade.....67

Tabela 16 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações, entre os sistemas de produção de rotação e sucessão associados a plantas de cobertura.....67

Tabela 17– Abundância média de organismos, riqueza média de grupos taxonômicos, índice de dominância de Simpson (C) e índice de diversidade de Shannon (H') referentes às famílias da orem Coleoptera em sistemas de rotação e sucessão de culturas associada ao uso de plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022.....69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
Ca	Cálcio
CCA	Análise de Correlação Canônica
CTC	Capacidade de troca de cátions
H + AL	Acidez potencial ou total
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Potássio
Mg	Magnésio
MO	Matéria Orgânica
pH	Acidez ativa
PERMANOVA	Análise de Variância Multivariada Permutacional
P	Fósforo
PD	Plantio Direto
SB	Soma de bases
SIMPER	Análise de Similaridade
SS1	Sistema de produção n° 1 sucessão 1
SS2	Sistema de produção n° 2 sucessão 2
SR1	Sistema de produção n° 3 rotação 1
SR2	Sistema de produção n° 4 rotação 2
SPD	Sistema de Plantio Direto
UTFPR-DV	Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVO.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 Sistemas de manejo de solo.....	16
3.1.1 Sistema de plantio direto.....	16
3.1.2 Plantas de cobertura do solo	17
3.1.3 Rotação de culturas / sucessão de culturas.....	19
3.2 Fauna edáfica	20
3.3 Fauna edáfica como bioindicador da qualidade do solo.....	23
3.4 Efeitos do manejo de solo sobre a fauna edáfica.....	24
4 FAUNA EDÁFICA SOB SISTEMA DE SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS ASSOCIADAS AO USO DE PLANTAS DE COBERTURA.....	27
4.1 Introdução.....	27
4.2 Metodologia.....	28
4.2.1 Caracterização da área experimental	28
4.2.2 Delineamento experimental.....	29
4.2.3 Coleta da fauna edáfica.....	32
4.2.4 Caracterização da fauna edáfica.....	34
4.2.5 Atributos Químicos do solo.....	34
4.2.6 Análises estatísticas.....	35
4.3 Resultados e discussão.....	37
4.3.1 Caracterização da comunidade edáfica.....	37
4.3.2 Análise Multivariada (PERMANOVA) e Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER).....	44
4.3.3 Avaliação dos Índices Ecológicos.....	48
4.3.4 Análise de Correlação Canônica (CCA).....	51
4.4 Conclusão.....	56
5 COMUNIDADE DE COLEOPTERA EM SISTEMA DE SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS ASSOCIADAS AO USO DE PLANTAS DE COBERTURA.....	57

5.1 Introdução.....	57
5.2 Metodologia.....	58
5.2.1 Caracterização da área experimental.....	58
5.2.2 Delineamento experimental.....	58
5.2.3 Método de coleta.....	59
5.2.4 Caracterização da comunidade de Coleoptera.....	59
5.2.5 Atributos Químicos do solo.....	59
5.2.6 Análises estatísticas.....	59
5.3 Resultados e discussão.....	61
5.3.1 Caracterização da comunidade de Coleoptera.....	61
5.3.2 Classificação das famílias de Coleoptera em grupos tróficos.....	65
5.3.3 Análise Multivariada (PERMANOVA) e Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER).....	67
5.3.4 Análise dos Índices Ecológicos.....	69
5.3.5 Análise de Correlação Canônica (CCA).....	71
5.4 Conclusão.....	75
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

O solo abriga enorme biodiversidade de organismos (GUERRA *et al.*, 2020), estimadas a um quarto de todas as espécies na Terra (ORGIAZZI *et al.*, 2016; EISENHAUER *et al.*, 2021), parte desta biodiversidade compreende a fauna edáfica (GUERRA *et al.*, 2021), organismos que fornecem uma ampla variedade de funções na pedosfera, como ciclagem de nutrientes, formação e renovação da matéria orgânica do solo, degradação de poluentes, melhoria da estrutura do solo, regulação biótica e crescimento vegetal (BRIONES; SCHMIDT, 2017).

Entretanto com a expansão demográfica mundial, a demanda por alimentos cada vez maior, eleva a pressão antrópica sobre o meio ambiente através do uso crescente dos recursos naturais para o atendimento das necessidades humanas (ALVES *et al.*, 2020). Nesse cenário, se realizar a exploração de recursos de forma inadequada, e tratando-se da utilização do solo com o objetivo de alcançar maior produtividade, os organismos da fauna edáficos são um componente que recebe pouca atenção e, na maioria das vezes, são desprezados (SWIFT *et al.*, 2010).

Neste sentido o tipo de exploração agrícola, pode ocasionar efeitos negativos na abundância, riqueza de espécies e estrutura de comunidade da fauna edáfica (TSIAFOULI *et al.*, 2015; ANDRIUZZI *et al.*, 2017; CÂMARA *et al.*, 2017; FIERA *et al.*, 2020b), devido as práticas de manejo do solo (FERREIRA *et al.*, 2019; KITAMURA *et al.*, 2020), bem como pelo uso de fertilizantes (TESSARO *et al.*, 2016; DA SILVA *et al.*, 2016) e pesticidas empregados em larga escala na agricultura contribuindo para a alteração das características do solo e, por consequência, a fauna edáfica (PRADO *et al.*, 2016; SIEBERT *et al.*, 2019).

Por outro lado a fauna edáfica pode ser conservada quando o sistema agrícola fornece uma estrutura ambiental semelhante ao ecossistema original. Assim, a fauna edáfica se beneficia de sistemas de manejo que proporcionam condições ambientais favoráveis a reprodução de invertebrados e maior qualidade e quantidade de resíduos vegetais, que servem de alimento e abrigo (NUNES *et al.*, 2019). Neste contexto, uma alternativa é a adoção de práticas conservacionistas, como o mínimo de perturbação possível ao solo e, plantas de cobertura, rotações (CUNHA *et al.*, 2014; BALIN *et al.*, 2017) e sucessões de culturas por criarem condições favoráveis a fauna edáfica (CAMACHO *et al.*, 2022).

Considerando a sensibilidade da fauna edáfica às práticas de manejo do solo (BARETTA *et al.*, 2014; BEDANO *et al.*, 2016; GEORGE *et al.*, 2017; MANU *et al.*, 2019) esses organismos podem ser usados como indicadores da qualidade do solo, pois as mudanças

geradas pelo uso da terra afetam os níveis populacionais (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2018; CASARIL *et al.*, 2019; MANU *et al.*, 2019; SILVA, *et al.*, 2020), refletindo claramente como determinada prática de manejo pode ser considerada ou não conservativa (CORREIA, 2002), fornecendo informações sobre a conservação e manutenção do equilíbrio nos agroecossistemas (SOUZA *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2017).

Devido à crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis, é necessário maior conhecimento sobre o funcionamento da fauna edáfica (WURST *et al.*, 2018). Portanto, é importante promover estratégias que abordam a conservação destes organismos do solo em paisagens agrícolas (LANGRAF *et al.*, 2021). Nesta perspectiva, entender essas comunidades se torna essencial para práticas de conservação de ecossistemas (GUERRA *et al.*, 2021). Assim, avaliar o manejo conservacionista da comunidade de invertebrados da fauna edáfica é um passo importante na busca da sustentabilidade dos agroecossistemas.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a comunidade da fauna edáfica em sistemas de rotação/sucessão associada ao uso de plantas de cobertura em sistema de plantio direto.

2.2 Objetivos Específicos

Caracterizar a composição da fauna edáfica quanto aos grupos taxonômicos;

Comparar os sistemas de rotações e sucessões de culturas associadas as plantas de cobertura em relação à abundância, riqueza de grupos, diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (C), uniformidade de Pielou (J) e riqueza de Margalef (DMg);

Comparar os períodos amostrais em relação à abundância, riqueza de grupos, diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (C), uniformidade de Pielou (J) e riqueza de Margalef (DMg);

Avaliar a fauna edáfica associada a diferentes tipos de sistema produtivos considerando os sistemas de rotações e sucessões das culturas;

Observar a distribuição dos grupos taxonômicos e a possível diferenciação das áreas em relação aos atributos biológicos e químicos do solo;

Avaliar a abundância e diversidade da ordem Coleoptera em sistemas de rotação/sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura em SPD.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistemas de manejo de solo

3.1.1 Sistema plantio direto

A semeadura direta sem revolvimento do solo, denominado no Brasil de Plantio Direto (PD), foi desenvolvida na Inglaterra no ano de 1955, com a finalidade de controlar a erosão hídrica (MELLO; CONCEIÇÃO, 2008). Porém, foi nos Estados Unidos que a tecnologia se desenvolveu com maior rapidez, principalmente a partir do desenvolvimento do herbicida de contato não-residual (paraquat), gerando o uso deste sistema a partir do início de 1960, com a aplicação de testes pelos agricultores americanos para a cultura do milho (DA SILVA *et al.*, 2015).

No Brasil o PD foi introduzido no final da década de 1960 no Rio Grande do Sul e no Paraná, para reduzir a erosão do solo resultante da intensa mobilização do solo em áreas de cultivo como prática de conservação de solo (CASSOL *et al.*, 2007; FUENTES-LLANILLO *et al.*, 2021). Com sua ampliação na década de 1980, nas condições climáticas brasileiras, as características do PD começaram a ampliar-se, com um conjunto de tecnologias adicionais indispensáveis para promover a conservação e a qualidade do solo (DENARDIN *et al.*, 2012; FUENTES-LLANILLO *et al.*, 2021). Havendo o surgimento da terminologia Sistema Plantio Direto (SPD) caracterizado por um sistema sustentável, cujos princípios básicos eram baseados na adoção simultânea do mínimo revolvimento do solo, conservação da cobertura do solo e na rotação de culturas (DENARDIN *et al.*, 2012; POSSAMAI *et al.*, 2022).

O conceito de SPD significa gestão da terra que visa elevar ao máximo a biodiversidade, atividade fotossintética, raízes ativas/efetivas e cobertura do solo, para gerar, de forma econômica, produtos diversificados e melhorar a qualidade ambiental (HERNANI; MARTINS, 2018), sendo considerado um dos mais importantes sistemas conservacionistas e ambientalmente corretos que existe (RAMPIM *et al.*, 2020), por proporcionar menor impacto negativo ao meio ambiente e estimular a restauração da biodiversidade no solo (GÓES *et al.*, 2012).

Com passar os anos, o SPD proporcionou a agricultura brasileira vários efeitos positivos. Inicialmente, foi observado a redução da erosão do solo e dos problemas ambientais decorrentes (DERPSCH *et al.*, 1986), seguido do aumento dos rendimentos agrícolas (PAGE

et al., 2019) e em consequência melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo FRANCHINI *et al.*, 2009).

A adoção do SPD resulta em ecossistema com menor grau de perturbação ao sistema produtivo, quando comparado a outras formas de manejo, que adotam intensa mobilização do solo (MILAGRES *et al.*, 2018). Este sistema se mostra vantajoso, pois possibilita o controle da erosão, umidade, redução da temperatura do solo, e melhoria da estrutura, além de contribuir para a manutenção da fauna edáfica (FERREIRA *et al.*, 2015; SALOMÃO *et al.*, 2020). Do mesmo modo, essa técnica permite a racionalização de insumos, mão-de-obra, mecanização e energia, sendo considerado no Brasil o sistema agrícola mais eficiente para o controle da erosão hídrica em áreas com lavouras anuais (TELLES *et al.*, 2020).

Devido às vantagens que este sistema proporciona para o solo tanto nas características físicas, como químicas e biológicas, é necessário adotar cuidados em sua manutenção, garantindo melhoria na sua qualidade e gerando equilíbrio com o ambiente (DEMETRIO *et al.*, 2020). A sustentação e o equilíbrio do SPD dependem da cultura a ser cultivada na área (MUZILLI, 2002), visto que importante que a cultura proporcione altos teores de produção de matéria seca, garantindo homogeneidade eficiente no revestimento da parte superior do solo com a palhada, proporcionando maior longevidade do sistema (SODRÉ FILHO *et al.*, 2004), proporcionando aos agricultores oportunidade de maior sustentabilidade na produção de culturas intensivas (NUNES *et al.*, 2018).

3.1.2 Plantas de cobertura do solo

O uso de plantas de cobertura é uma prática cujos registros apontam sua utilização por diversas civilizações desde a antiguidade. Os chineses e povos que viviam onde atualmente situa-se o oriente médio já empregavam o uso de plantas com a função de melhorar o solo (SOUZA; PIRES, 2002). Porém, a partir dos anos 1970, com a adoção dos fertilizantes minerais e sua facilidade de aplicação, o uso de plantas de cobertura teve forte declínio. Na década de 90, com a visão de agricultura sustentável e redução dos impactos ambientais, o uso das plantas de cobertura ressurgiu como prática alternativa nos sistemas de produção (LEAL *et al.*, 2005).

Plantas de cobertura podem ser conceituadas como a utilização de diferentes espécies de adubos verdes em uso para a formação da camada de palha para a cobertura do solo, protegendo contra processos erosivos e a lixiviação de nutrientes, ou ainda usadas para pastoreio, produção de grãos e sementes, silagem, feno como fornecedora de palha para o

SPD (CALEGARI, 2014). As plantas de cobertura podem ser classificadas quanto a sua decomposição, rápida ou lenta. As leguminosas, em sua constituição, possuem maior quantidade de N oriundo da fixação biológica, logo, apresentam baixa relação C/N e rápida taxa de decomposição. Já as gramíneas por sua vez, possuem decomposição lenta, relação C/N alta e, portanto, menor N por kg de sua biomassa (ALVARENGA *et al.*, 2001; BETTIOL *et al.*, 2015).

O uso de plantas de cobertura proporcionam alterações positivas nas propriedades biológicas, físicas e químicas do solo (FRANCZISKOWSKI *et al.*, 2019; SILVA, *et al.*, 2021), devido à adição de palhada, ciclagem de nutrientes, proteção do solo contra erosão, opção de rotação de cultura, exploração agressiva do solo pelas raízes, fixação do nitrogênio atmosférico, no caso de leguminosas, e redução da ocorrência de plantas invasoras na área, em função do efeito supressor e/ou alelopático (DUARTE JUNIOR; COELHO, 2008). Além disso, contribuem para proteção e conservação do solo (BESEN *et al.*, 2018), influenciam a temperatura do solo, evaporação, infiltração e armazenamento de água e acúmulo de matéria orgânica no solo (MARIA *et al.*, 2019; SALOMÃO *et al.*, 2020).

Entre as propriedades biológicas do solo influenciadas pelo uso de plantas de coberturas, destaca-se o aumento da diversidade de microrganismos (ALMEIDA; BAYER; ALMEIDA, 2016). As condições mais adequadas de umidade e temperatura e a maior quantidade de matéria orgânica proporcionada pelas plantas de cobertura beneficiam também a fauna edáfica. Estes organismos desempenham importante papel na ciclagem de carbono e de nutrientes, na estabilidade dos agregados do solo, na porosidade, propiciando maior infiltração de água no perfil, redução da erosão e do escoamento superficial (SILVA *et al.*, 2011). A fauna edáfica atua ainda no transporte de resíduos culturais ao longo do perfil, formando “sítios de matéria orgânica”, proporcionando melhorias no ambiente radicular das plantas (CARDOSO *et al.*, 2013).

Diante do exposto, verifica-se que essa prática de produção sustentável possui vantagens aos sistemas agrícolas pela sua versatilidade, principalmente por possuir baixo impacto ambiental negativo (BENART, 2020), oferecendo condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas sucessoras (PACHECO *et al.*, 2017; TIECHER, 2016), sendo uma alternativa eficaz para rotação e sucessão de culturas, sendo indicado o uso de espécies de forma isolada ou consorciada (HASKEL, 2020).

3.1.3 Rotação de culturas / sucessão de culturas

Entende-se por rotação de culturas a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), em uma mesma área e na mesma estação do ano (FRANCHINI, *et al.*, 2011). Já a sucessão de culturas, é a sequência de culturas dentro de um mesmo ano agrícola, como por exemplo, a sucessão soja/trigo. Ambas as práticas, visam à diminuição de patógenos e doenças, aumento do teor de matéria orgânica do solo, melhoria e manutenção de fertilidade, estruturação e descompactação, além da estabilidade da produtividade das espécies vegetais cultivadas (EMBRAPA, 2007).

A rotação de culturas é um sistema de manejo que promove melhorias nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, como redução na compactação, aumento da biota do solo e ciclagem de nutrientes (HOUSMAN *et al.*, 2021). A adoção deste sistema visa menor incidência de doenças e pragas, aumenta o teor de matéria orgânica do solo e promove estabilidade da produtividade das espécies vegetais cultivadas (BARBIERI *et al.*, 2019), constituindo uma alternativa para restaurar a qualidade do solo em áreas degradadas, promover a ciclagem de nutrientes, melhorar a estrutura do solo e aumentar o estoque de carbono (ROSA *et al.*, 2017).

Segundo Canalli e Bordin (2019), a rotação de culturas mostrou-se importante em sistemas de manejo do solo sem perturbação ao longo do tempo. Além de permitir o manejo de pragas, doenças e plantas invasoras, essa importância se deve ao fato de permitir a exploração de diferentes camadas do solo e a ciclagem de nutrientes, bem como a fixação biológica de N atmosférico via espécies leguminosas, a manutenção da cobertura do solo devido ao uso de espécies com maior produção de fitomassa e maior relação C/N com a introdução de gramíneas.

A rotação de culturas, quando adequadamente realizada, proporciona diversas melhorias físicas, químicas e biológicas ao solo. Dentre as melhorias físicas, a diversidade de tipos de raízes proporciona redução na densidade do solo, o qual se torna menos compactado e com menor resistência à penetração de raízes (FRANQUINI *et al.*, 2011). Neste contexto, Silva *et al.* (2020), avaliaram a resistência à penetração do solo sob o manejo de sucessão e rotação de culturas e observaram que o sistema que continha diferentes culturas em rotação obteve menores valores de resistência do solo à penetração, em relação ao uso da sucessão e do pousio.

Como melhorias químicas, a rotação de culturas potencializa a reciclagem de nutrientes, permite aumento na matéria orgânica do solo, a qual melhora a estrutura do solo, fornece nutrientes para as plantas e complexa elementos tóxicos a estas, além de aumentar a atividade biológica no solo. Já as melhorias biológicas ao solo ocasionadas pela adoção da prática da rotação de culturas, destaca-se o aumento na diversidade da fauna edáfica, o que é benéfico a ciclagem de nutrientes e a estruturação do solo (FRANCHINI *et al.*, 2011; DA SILVA *et al.*, 2018).

A manutenção e/ou adição da matéria orgânica ao solo através da rotação/sucessão de culturas, tende a promover melhorias significativas no sistema produtivo ao longo dos anos, contribuindo para o aumento da biodiversidade do solo, e ao incrementar a biologia do solo (microfauna, mesofauna e macrofauna), aumenta a quantidade de espécies de organismos e também os inimigos naturais que atuarão positivamente no controle e equilíbrio de pragas (insetos, nematóides e outros) e doenças (CALEGARI; NETO, 2010).

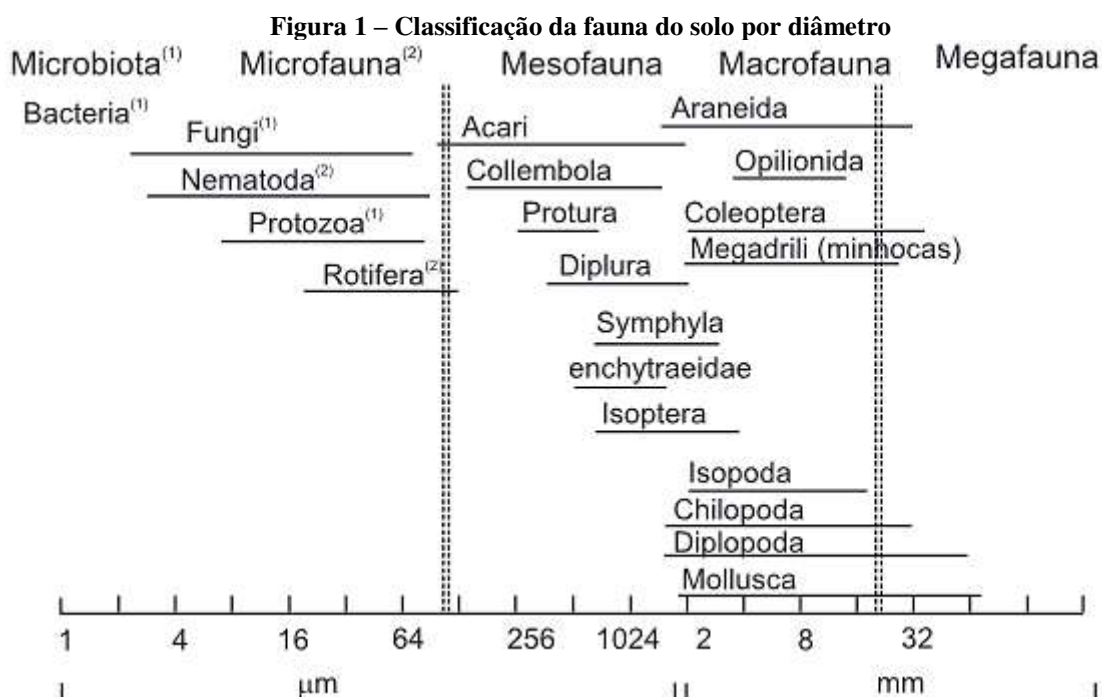
3.2 Fauna edáfica

O solo está entre os ecossistemas mais complexos e diversos do globo terrestre, além de ser o principal ambiente de suporte para a grande maioria das plantas existentes, é o hábitat de ampla diversidade de micro-organismos e fauna edáfica (ALVES *et al.*, 2017). O solo no planeta Terra é, na verdade, um grande repositório de diversidade genética (ORGIAZZI, 2016), com organismos do solo estimados em representar até 25% das 1,5 milhões de espécies vivas descritas em todo o mundo (DECAËNS *et al.*, 2010).

Parte desta biodiversidade é composta pela fauna edáfica (PHILLIPS *et al.*, 2020), também conhecida como fauna do solo, representada por organismos que vivem ou passam uma parte de seu ciclo de vida no solo ou na serapilheira (ASSAD, 1997; ZAGATTO *et al.*, 2017). Estes organismos possuem importante papel na provisão dos serviços ecossistêmicos, uma vez que atuam em diferentes processos que acontecem no solo, como a mineralização de nutrientes, aumento do teor de matéria orgânica, agregação das partículas, formação de bioporos e controle biológico (BROWN *et al.*, 2015).

A classificação da fauna edáfica mais aceita pelos pesquisadores é a proposta por Swift *et al.* (1979), na qual os indivíduos são separados de acordo com seu tamanho, mobilidade, hábito alimentar e funções que desempenham no solo. Nela, a biota do solo é classificada pelo tamanho (Figura 1), em: microfauna, representada por organismos com tamanhos menores que 0,2 mm de diâmetro; mesofauna, representada por organismos com

tamanho entre 0,2 a 2 mm de diâmetro; macrofauna, compreendendo os organismos entre 2 a 30 mm de diâmetro; megafauna, corresponde aos organismos maiores de 30 mm.



Fonte: Adaptado de Swift *et al.*, (1979)

A microfauna edáfica é constituída por organismos invertebrados, tais como rotíferos, protozoários, nematoides e tardígrados, entre outros invertebrados. Neste grupo, estão incluídos os animais mais abundantes do planeta Terra, que geralmente habitam a lâmina de água presente nos poros do solo. A estes organismos, atribui-se a função de controle de populações no solo (especialmente microbianas), visto que diversas espécies deste grupo alimentam-se essencialmente de microrganismos e de outros invertebrados. Além disso, a microfauna tem papel reconhecido no estímulo da mineralização de nutrientes (ALVES *et al.*, 2017).

A mesofauna é composta pelos grupos taxonômicos: Acari (ácaros), Collembola (colêmbolos), Diplura (dipluros), Protura (proturos), Synfilos (sínfilos), Palpigradi (palpígrados), Pauropoda (paurópodos) e pequenos insetos (BROWN *et al.*, 2015). Entretanto a maioria dos estudos realizados encontra-se relacionado aos grupos numericamente mais representativos, ácaros e colêmbolos, os quais podem ser utilizados como indicadores de qualidade ambiental (PRIMAVESI, 1990). Estes organismos atuam na regulação da população microbiana (SWIFT *et al.*, 1979), sendo que também são responsáveis pela ciclagem de nutrientes, fragmentação de detritos vegetais, produção de pelotas fecais, criação de bioporos e promoção da humificação (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Já a macrofauna é composta por uma vasta gama de grupos taxonômicos tais como: Diptera (moscas e mosquitos), Hemiptera (percevejos, cigarrinhas, cigarras, pulgões e colchonilhas), Hymenoptera (formigas, vespas, abelhas e marimbondos), Coleoptera (besouros), Thysanoptera (trips), Orthoptera (gafanhotos, grilos, esperanças e paquinhas), Blattaria (baratas e cupins), Dermaptera (tesourinhas), Isopoda (tatuzinhos de jardim), Diplopoda (piochos de cobra), Synphyla, Chilopoda (lacraias e centopeias), Aranae (aranhas), Pseudoscorpionida (pseudoescorpiões), Opiliona (opiliões), Gastropoda (lesmas e caracóis), Oligochaeta (minhocas) (AQUINO, 2001). Estes organismos melhoram a qualidade do solo auxiliando na mobilização dos nutrientes, fragmentando os resíduos orgânicos e controlando as comunidades de fungos e bactérias (DUCATTI, 2002). Diferente da mesofauna, a macrofauna é capaz de criar galerias no solo, pois tem tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes orgânicos e minerais do solo, mistura partículas minerais e orgânicas, auxiliando na redistribuição de matéria orgânica e microrganismos, cria bioporos e promove humificação (MELO *et al.*, 2009).

A megafauna é representada por pequenos mamíferos e alguns roedores, anfíbios e répteis, além de alguns invertebrados maiores, normalmente representados por minhocas gigantes. Com exceção das minhocas, que são geófagos, a maioria das espécies se comporta como predadores de animais menores do solo (macro e mesofauna) ou de partes de plantas. Durante suas atividades, estes organismos criam grandes galerias e estruturas no perfil do solo (ALVES *et al.*, 2017).

Quanto ao seu hábito alimentar a fauna edáfica é classificada em saprófagos ou biófagos (SWIFT *et al.*, 1979). Os saprófagos possuem importante função nos processos de decomposição de matéria orgânica morta, pois se alimentam de restos de vegetais (detritívoros), de animais mortos (cadaverícolas) e de excrementos de outros animais (coprófagos). Os biófagos caracterizam-se pela necessidade de organismos vivos para prover suas necessidades de energia e nutrientes. Podem se alimentar de organismos da micro e mesofauna (microbióvoros), de fungos (fungívoros), de plantas (fitófagos) e de animais vivos (predadores e parasitas) (BARRETA *et al.*, 2011).

A fauna edáfica contribui para a decomposição, sequestro de carbono e ciclagem de nutrientes, atuando na bioturbação, supressão de pragas e doenças transmitidas pelo solo, mitigação do clima e estimulação da produção agrícola (BARDGETT; PUTTEN, 2014; FROUZ, 2017). Por isso, a abundante fauna edáfica é conceituada como fundamental, pois abriga enorme variedade de espécies e de mecanismos presentes no solo que têm íntima e positiva correlação com a sustentabilidade e com a estabilização do ambiente, sendo uma das

características fundamentais da natureza, responsável por manter o equilíbrio e a estabilidade dos ecossistemas (POMPEO *et al.*, 2016).

3.3 Fauna edáfica como bioindicador da qualidade do solo

A qualidade do solo é definida como a capacidade de funcionar dentro dos ecossistemas que reflete a complexidade do solo e seus serviços ecossistêmicos (BÜNEMANN *et al.*, 2018). Segundo Cherubin (2015), manter o nível desejável de qualidade do solo não é uma tarefa fácil, devido aos diversos fatores que lhe influenciam, tais como: clima, solo, plantas, manejo humano e as interações entre esses.

A qualidade do solo pode ser mensurada através do uso de indicadores de qualidade do solo (GOMES *et al.*, 2015), os quais são conceituados como propriedades, processos e características físicas, químicas e biológicas que têm o potencial de ser medidos e interpretados para monitorar padrões e modificações no solo (HEGER *et al.*, 2012). Dentre os diversos indicadores de qualidade do solo, a bioindicação, a utilização das informações contidas nas propriedades ou processos biológicos dentro do solo que possuem a capacidade de indicar a situação deste ecossistema (CHERUBIN *et al.*, 2015), representam uma abordagem vasta para avaliar e interpretar o impacto das perturbações naturais ou antrópicas no ecossistema solo (HEGER *et al.*, 2012).

Brussaard *et al.* (2007) e Stöcker *et al.* (2017), relatam que os bioindicadores por fazer parte da fração viva e mais ativa da matéria orgânica do solo e por atuar em importantes processos bioquímicos, tendem a ser mais sensíveis, respondendo de maneira mais rápida quando comparados aos indicadores físicos e químicos, justificando seu uso com maior frequência para indicar a qualidade do solo.

Neste contexto, a fauna edáfica apresenta potencial de ser utilizada na avaliação da qualidade do solo (GÓES *et al.*, 2021), pois apresenta várias características que favorecem seu uso como bioindicadores, destacando-se: ciclo de vida curto, distribuição ampla do grupo em muitos habitats, respostas às perturbações, abundante no solo ou serapilheira, facilidade na amostragem, triagem e identificação, e relação entre as populações e as características ambientais e propriedades/processos físicos, químicos e biológicos do solo (FREITAS *et al.*, 2006). Portanto, a abundância, biomassa, os grupos funcionais e a biodiversidade de vários invertebrados edáficos podem ser usados como indicadores para monitorar mudanças quantitativas e qualitativas nos ambientes afetados pelo uso do solo (LAVELLE *et al.*, 1994).

Os organismos da fauna edáfica são influenciados por vários fatores do ambiente, tais como quantidade e, principalmente, qualidade da matéria orgânica presente no solo, pH, temperatura, umidade, textura, porosidade, teores de nutriente, cobertura vegetal, e práticas agrícolas. Sendo assim os invertebrados do solo fornecem indicação em relação à alteração nas propriedades do solo e até mesmo do ecossistema constituindo um indicador ecológico em agroecossistemas (BARRETA *et al.*, 2003).

Desta maneira, a fauna edáfica exerce papel de destaque no funcionamento do solo, desempenhando funções específicas que vão depender da sua morfologia, mobilidade, cadeia trófica, interação com outros organismos e da posição que ocupam no espaço (FEIGL *et al.*, 2019; AMAZONAS *et al.*, 2018). A abundância e a diversidade destes organismos são indicadores muito importantes de equilíbrio nos ecossistemas, uma vez que todos os indivíduos possuem funções específicas em benefício do ecossistema (MARSDEN *et al.* 2020).

3.4 Efeitos do manejo de solo sobre a fauna edáfica

As práticas de manejo utilizadas em um sistema de produção podem afetar de forma direta e indireta a fauna edáfica, refletindo na sua densidade e diversidade (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Dependendo do tipo e intensidade do impacto promovido ao ambiente, tais práticas influenciam diretamente a sua constituição e transformação ao longo do tempo, podendo todos os organismos edáficos sofrer desequilíbrio, de maneira favorável ou não, por tais ações (SILVA *et al.*, 2021).

Conhecer as comunidades da fauna edáfica é um requisito essencial na busca por um adequado e sustentável manejo do solo que, além de conservar a biodiversidade, também possibilita ações importantes desses organismos no ecossistema. Sabendo-se que cada organismo pode influenciar de forma distinta os processos edáficos e a produtividade vegetal, sua abundância ou biomassa pode alcançar patamares importantes, tanto positivos quanto negativos (BROWN *et al.*, 2015).

Dentre as práticas de manejo, as alterações atribuídas pelo uso do solo, e em especial pela agricultura, assim como adubação (ALVES *et al.*, 2008), monoculturas (BARRETTA *et al.*, 2003), uso de agrotóxicos, pesticidas (PRADO *et al.*, 2016; SOARES *et al.*, 2019), calagem, alterações na quantidade e qualidade da matéria orgânica, compactação do solo, disponibilidade de nutrientes e minerais, assim como umidade, temperatura e irradiação afetam a fauna em distintos graus de intensidade, modificando sua abundância e diversidade

(GEORGE *et al.*, 2017). Esta íntima relação com os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, sua sensibilidade aos diferentes manejos, reflete o impacto de uma determinada prática de manejo e define se pode ser considerada ou não conservacionista do ponto de vista de estrutura e fertilidade do solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Durante os processos produtivos nas culturas de interesse comercial, é muito comum a utilização de fertilizantes, compostos químicos e de pesticidas, visando a obtenção de maiores índices de produtividade. Segundo Oliveira *et al.* (2018), a aplicação de fertilizantes orgânicos é um fator que pode influenciar a fauna edáfica pela adição de alimento para os organismos e modificação da temperatura e umidade. Além disso a fertilização excessiva e constante, utilizando dejetos de animais em uma mesma área, pode elevar o acúmulo de nutrientes e metais pesados nas camadas superficiais (GIROTTO *et al.*, 2010), que pode acarretar em efeitos negativos a fauna do edáfica (ALVES *et al.*, 2008; JENSEN *et al.*, 2016; TESSARO *et al.*, 2016).

Outro exemplo de prática nociva à fauna, refere-se à remoção ou redução da cobertura vegetal natural para a implantação de diferentes atividades, como o cultivo de monoculturas. Os sistemas de monoculturas, ao modificar a estrutura da serapilheira e fornecer um único substrato orgânico, podendo gerar perdas de diversidade biológica do solo (BARETTA, 2003), pois a serapilheira desempenha função nutricional e como habitat para esses organismos (SILVA, 2014). Góes *et al.* (2021) em seus estudos constataram, que uso do solo com monocultivos e baixa adição de biomassa vegetal são desfavoráveis à preservação da fauna edáfica.

Nesse sentido, os sistemas conservacionistas de manejo do solo podem reduzir os impactos sobre a biodiversidade edáfica por revolver o solo somente na linha de semeadura, manter o solo coberto com resíduos culturais e adotar a rotação de culturas, o que pode elevar o teor de carbono orgânico total e nutrientes no solo, favorecendo maior diversidade de organismos edáficos (PAUL *et al.*, 2013; GEORGE *et al.*, 2017; VIANA *et al.*, 2022). Portanto, locais com maior diversidade de espécies vegetais, que, por consequência, produzem serapilheira mais rica e heterogênea, favorecem um recurso alimentar de melhor qualidade e nichos mais diversificados para o desenvolvimento da fauna edáfica, resultando na ocorrência de um maior número de grupos funcionais e taxonômicos, e maior riqueza de espécies (MELO *et al.*, 2009).

Segundo Antonioli *et al.* (2006), as atividades agropecuárias e seus distintos tratamentos culturais promovem situações em que as biomassas vegetais resultantes dos processos produtivos atuam diretamente sobre a população da fauna edáfica. Os mesmos autores

afirmam, que tais efeitos podem ser explicados pelo fato da permanência destes resíduos orgânicos na superfície do solo, possibilitando abrigo e alimento a uma fauna mais diversificada.

Neste contexto, Baretta *et al.* (2006a) em seu estudo verificaram que a mínima mobilização do solo e a permanência dos restos culturais sobre superfície nos SPD e cultivo mínimo proporcionaram maior diversidade da fauna em comparação ao sistema convencional. Jiang *et al.* (2018), avaliaram os efeitos do SPD com palha de milho e lavoura convencional sobre a fauna edáfica. Os resultados mostraram que a abundância e a riqueza de grupos foram significativamente maiores no plantio direto com cobertura de palha de milho em comparação com o preparo convencional. A adoção de sistemas convencionais de produção agrícola acarreta mudanças consideráveis na estrutura da comunidade edáfica, conseqüentemente diminuindo a velocidade do processo de ciclagem de nutrientes e, consecutivamente, a qualidade do solo (ALVES *et al.*, 2020).

Dessa forma, as indicações gerais de manejo, pensando no aumento da atividade da fauna edáfica em áreas agrícolas exploradas pelo homem, é de que se conserve o máximo possível o solo do ponto de vista de aumento de palhada e resíduos culturais, se reduza mobilização no solo e se aumente a rotação de culturas com espécies de alto aporte de massa seca sob a superfície do solo após seus ciclos (VIANA *et al.*, 2022).

Segundo Wall *et al.* (2015) solos com maior diversidade da fauna edáfica são fundamentais para manter níveis mais elevados de produção de alimentos em sistemas agrícolas. A maior diversidade da fauna edáfica ajuda a suprimir pragas e doenças das plantas, aumenta a ciclagem de nutrientes (BRUSSAARD *et al.*, 2007), e assim, melhorar a produtividade e a qualidade das culturas (SIEBERT *et al.*, 2019).

4 FAUNA EDÁFICA SOB SISTEMA DE SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS ASSOCIADAS AO USO DE PLANTAS DE COBERTURA

4.1 Introdução

A fauna edáfica é constituinte fundamental do solo e desempenha importantes funções nos ecossistemas, como fragmentação de resíduos orgânicos do solo, ciclagem de nutrientes, aumento do teor de matéria orgânica, aeração, mobilização de nutrientes e controle da cadeia trófica (ARAÚJO *et al.*, 2017; POMPEO *et al.*, 2017; CHOUDHARY *et al.*, 2018). Ao mesmo tempo em que a fauna edáfica promove melhorias nas propriedades do solo ela também é influenciada pelas alterações destas propriedades, ocasionadas pelo uso e manejo do solo (FERREIRA *et al.*, 2019), respondendo rapidamente a estas práticas (CASARIL *et al.*, 2019), destacando-se como indicadora da qualidade do solo (CHOUDHARY *et al.*, 2018; POMPEO *et al.*, 2017).

O tipo de exploração agrícola, portanto, pode alterar negativamente a diversidade e a abundância de organismos da fauna edáfica (PESSOTO *et al.*, 2020), pelo uso excessivo de preparo do solo (ASSIS *et al.*, 2017), cobertura do solo, uso de agroquímicos (MURILLO *et al.*, 2019) e fertilizantes (TESSARO *et al.*, 2016) favorecendo assim a degradação do habitat natural destes organismos (PESSOTO *et al.*, 2020). Entretanto a comunidade de invertebrados do solo pode ser conservada quando o sistema agrícola fornece uma estrutura ambiental semelhante ao ecossistema original (GUALBERTO *et al.*, 2021). Assim, a fauna edáfica se beneficia de sistemas de manejo que proporcionam condições ambientais que favorecem sua reprodução, disponibilize maior quantidade de matéria orgânica, umidade e alto teor de cobertura vegetal, que servem de alimento e abrigo (NUNES *et al.*, 2019). Uma dessas estratégias refere-se o mínimo de revolvimento do solo, uso de rotação (BALIN *et al.*, 2017), sucessão de culturas (CAMACHO *et al.*, 2022) e plantas de cobertura que auxiliam na manutenção da diversidade da fauna edáfica pela diversidade de plantas e cobertura vegetal constante proporcionada através destes sistemas de manejo (WU; WANG, 2019; ZHANG *et al.*, 2022).

A adoção desses sistemas mais sustentáveis tem crescido em muitas partes do mundo devido aos benefícios que podem oferecer (VIANA *et al.*, 2022). O SPD, por exemplo, destaca-se como uma estratégia eficaz para melhorar a sustentabilidade da agricultura, contribuindo para minimizar a perda de solo por erosão e aumento da matéria orgânica (POSSAMAI *et al.*, 2022). Além disso, resíduos de culturas e outros insumos orgânicos

representam a principal fonte de alimento e abrigo para fauna edáfica (LAVELLE *et al.*, 2001).

O conhecimento sobre a diversidade da fauna edáfica em sistemas agrícolas conservacionistas fornece informações importantes sobre a sustentabilidade dos manejos adotados. Contudo, pesquisas desta natureza ainda são escassas no Brasil, incluindo a região sudoeste do estado do Paraná. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar a abundância e diversidade da comunidade da fauna edáfica em sistema de sucessão e rotação de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura em SPD.

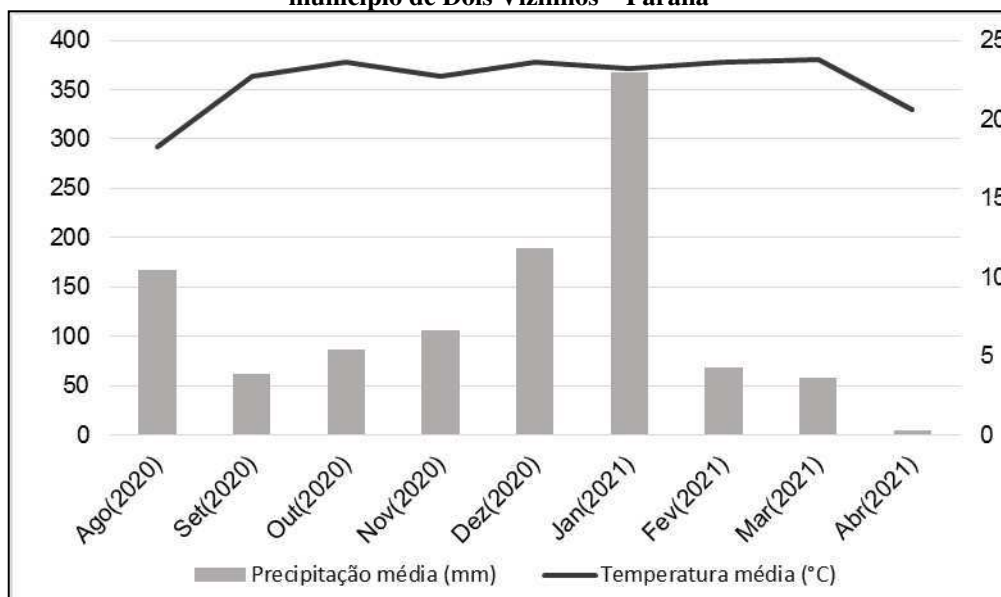
4.2 Metodologia

4.2.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV), localizada em latitude sul de 25° 42' 52" e longitude oeste de 53° 03' 94", a uma altitude média de 530 metros acima do nível do mar, em solo classificado como Latossolo Vermelho (CABREIRA, 2015). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (subtropical úmido), sem estação seca definida e com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C (ALVARES *et al.*, 2013).

Os dados climáticos referentes à precipitação média pluviométrica e temperatura média, durante a condução do experimento, foram obtidos na estação meteorológica de observação de superfície convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Dois Vizinhos - PR, na área pertencente à (UTFPR-DV). Os meses de coleta da fauna edáfica apresentaram precipitação acumulado de 166 mm em agosto/2021, 189 mm dezembro/2020 e 4 mm abril/2021 (Gráfico 1) (INMET, 2022).

Gráfico 1 – Precipitação média em milímetros e temperatura média de agosto de 2020 a abril de 2021, no município de Dois Vizinhos – Paraná



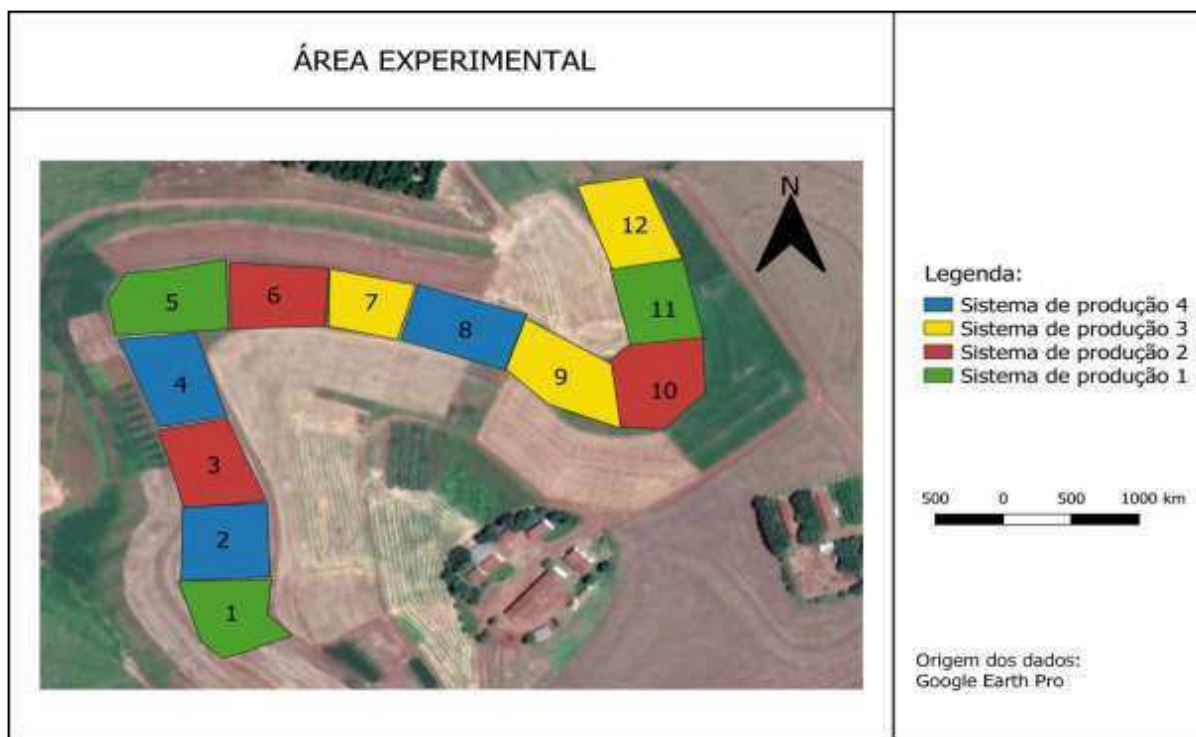
Fonte: Instituto nacional de meteorologia (2022)

A área na qual o experimento foi conduzido vem sendo manejada em SPD desde a década de 90, com adoção de sistema de rotação de culturas e práticas conservacionistas de manejo de solo, bem como a adoção de terraço base larga.

4.2.2 Delineamento experimental

Trata-se de um de um experimento de longa duração, que se iniciou no ano de 2018 na safra de verão, com área total de 3 hectares, o qual conta com quatro sistemas distintos de produção, sendo dois sistemas de sucessão e dois de rotação de culturas, incluindo na segunda safra de verão 6 estratégias diferentes de manejo, com o uso de plantas de viés grão e viés de plantas de cobertura, totalizando 24 arranjos produtivos, caracterizando um delineamento experimental ao acaso, com três repetições. A parcela principal (12 ao todo) é representada pelo cultivo da primeira safra dentro de cada ano agrícola e as sub-parcelas (72 ao todo) pela safrinha com plantas de interesse comercial ou plantas de cobertura (Figura 2).

Figura 2 – Área experimental com 12 parcelas e as divisões dos sistemas de produção



Fonte: Google Earth Pro (2022)

Os sistemas de produção estão divididos entre as parcelas, dispondo de subparcelas que se alteram conforme a época do ano, da seguinte forma:

Tabela 1 – Sistema de Produção n° 1: Sucessão 1 (Safrá 2020/2021) – Parcelas: 1, 5 e 11

Entressafra	1° Safra	Safrinha
Aveia + Nabo	Milho	Brachiaria
Aveia + Nabo	Milho	Crotalária
Aveia + Nabo	Milho	Feijão
Aveia + Nabo	Milho	Lab-lab
Aveia + Nabo	Milho	Milheto
Aveia + Nabo	Milho	Soja

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 2 – Sistema de Produção n° 2: Sucessão 2 (Safrá 2020/2021) – Parcelas: 3, 6 e 10

Entressafra	1° Safra	Safrinha
Aveia	Soja	Brachiaria
Aveia	Soja	Crotalária
Aveia	Soja	Feijão
Aveia	Soja	Lab-lab
Aveia	Soja	Milheto
Aveia	Soja	Milho

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 3 – Sistema de Produção n° 3: Rotação 1 (Safrá 2020/2021) – Parcelas: 7, 9 e 12

Entressafra	1° Safra	Safrinha
Aveia	Soja	Crotalária
Aveia	Soja	Brachiaria
Aveia	Soja	Feijão
Aveia	Soja	Lab-lab
Aveia	Soja	Milheto
Aveia	Soja	Soja

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 4 – Sistema de Produção n° 4: Rotação 2 (Safrá 2020/2021) – Parcelas: 2, 4 e 8

Entressafra	1° Safra	Safrinha
Aveia + Nabo	Milho	Brachiaria
Aveia + Nabo	Milho	Crotalária
Aveia + Nabo	Milho	Feijão
Aveia + Nabo	Milho	Lab-lab
Aveia + Nabo	Milho	Milheto
Aveia + Nabo	Milho	Nabo

Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.3 Coleta da fauna edáfica

A coleta da fauna edáfica foi realizada durante a fase de enchimento dos grãos das culturas em três etapas: Primeira coleta: realizada no mês de agosto na entressafra 2020 (inverno); Segunda coleta: dezembro na 1^o safra 2020/2021 (primavera); Terceira coleta: abril na safrinha 2020/2021 (outono). Em todos os diferentes sistemas de produção foi efetuada a instalação de uma armadilha *Pitfall-traps* em cada subparcela totalizando 72 amostras por coleta. Para isso foram utilizados recipientes plásticos com volume de 250 mL, com tampa de rosca. As armadilhas foram preenchidas com solução conservante de formol 4%, até atingir cerca de 1/3 do volume do recipiente, a qual tem a função de matar e preservar os organismos capturados. Para instalação das armadilhas foram abertos com auxílio de trado holandês, buracos no solo, cujo tamanho teve largura e profundidade suficiente para fixação do recipiente, de forma que a extremidade vazada do frasco ficasse nivelada com a superfície do solo (Fotografia 1A). Para cobertura das armadilhas foram utilizados pratos plásticos fixados ao solo com palitos de madeira, para que não ocorresse à entrada de água da chuva e, conseqüentemente, a diluição da solução conservante (Fotografia 1B).

Fotografia 1A – Armadilha *Pitfall-traps* instalada na área experimental para coleta da fauna edáfica. B – Armadilha *Pitfall-traps* com cobertura de proteção



Fonte: Autoria própria (2022)

Após a instalação, as armadilhas foram mantidas no local de coleta durante 6 dias. Transcorrido este período, as armadilhas foram levadas ao laboratório de solos da (UTFPR-DV), onde cada amostra foi lavada individualmente em água corrente com auxílio de peneira 270 mesh, para a remoção do solo e da solução conservante (Fotografia 2).

Fotografia 2 – Lavagem das amostras

Fonte: Autoria própria (2022)

Posteriormente, cada amostra foi armazenada individualmente em frascos do tipo J23 com solução de álcool 70% e identificadas de acordo com o local da coleta (Fotografia 3), para posterior classificação taxonômica dos organismos.

Fotografia 3 – Organismos da fauna edáfica armazenados em solução de álcool 70%

Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.4 Caracterização da fauna edáfica

O material coletado em cada armadilha foi analisado individualmente com o auxílio de placas Petri e microscópio estereoscópio, com o aumento de até 40 vezes (Fotografia 4), baseados em chaves dicotômicas de classificação e consultas a materiais bibliográficos de Triplehorn e Johnson (2011). Os resultados foram registrados em uma ficha de campo, constando o número total de organismos, assim como a quantidade de cada grupo presente em cada amostra por área coletada. A classificação dos organismos procedeu-se em nível de grandes grupos taxonômicos (Ordem ou Família), para obtenção do número total de táxons (riqueza) e o número de organismos de cada táxon (abundância).

Fotografia 4 – Identificação da fauna edáfica com auxílio do microscópio estereoscópio



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.5 Atributos Químicos do solo

As análises dos atributos químicos do solo na camada de 0-10 cm foram determinadas no ano de 2020 (Tabela 5) com base nas metodologias propostas por Tedesco *et al.* (1995) e EMBRAPA (1997), sendo parte da tese e doutorado de discente integrante do grupo de pesquisa.

Tabela 5 – Caracterização química do solo em sistemas de rotação e sucessão de culturas na camada de 0 – 10 cm. Dois Vizinhos, 2022

Local	MO	pH	P	K	H+AL	Ca	Mg	SB	CTC
			(mg.dm ³)		----- (cmol _c dm ⁻³) -----				
SS1	41,27	5,76	24,61	233,07	3.29	6.35	3.19	10.14	13.95
SS2	41,07	5,86	23,03	221,56	3.08	7.08	3.26	10.91	14.04
SR1	41,18	5,93	30,51	299,19	3.11	6.92	3.00	10.69	13.97
SR2	38,44	5,14	24,64	192,40	2.93	6.97	3.15	10.62	14.07

SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2; MO: matéria orgânica; P: fósforo; pH: acidez ativa; K: potássio; H + AL: acidez potencial ou total; Ca: cálcio; Mg; magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions.

Fonte: OLIGINI (2022)

4.2.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para testar as diferenças na composição dos grupos funcionais da fauna edáfica, considerando o efeito das subparcelas, os sistemas e dos períodos amostrais. As análises estatísticas foram realizadas no software PAST 4.03 com distância de Bray-Curtis e 9999 permutações. Após verificar a existência de significância entre os sistemas, foi realizada uma análise dos grupos aos pares através da PERMANOVA para testar a diferença entre os sistemas. Como forma de avaliar quais grupos mais contribuíram para separação dos tratamentos observados na PERMANOVA efetuaram-se análises de similaridade (SIMPER) utilizando o coeficiente de distanciamento de Bray-Curtis, obtendo-se as respectivas contribuições de cada grupo taxonômico.

Os dados obtidos através da triagem os organismos foram tabulados no programa Microsoft Office Excel para obtenção dos valores de riqueza (S) de grupos taxonômicos (número total de grupos), abundância de organismos (número total de indivíduos) e frequência relativa (Fr% - frequência absoluta/total de frequências absolutas) dos indivíduos observados nos diferentes tratamentos. Por meio do programa PAST Versão 4.03 (HAMMER *et al.*, 2001), foram obtidos os índices de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (C), uniformidade de Pielou (J) e riqueza de Margalef (DMg), os quais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade pelo programa Rbio (BHERING, 2017).

O índice de Shannon representa a diversidade, tomando por base as razões entre o número de espécies e os valores de importância dos indivíduos, tendo por componentes principais a riqueza de espécies e a abundância relativa. (ODUM, 2004).

Pode ser determinado pela fórmula a seguir:

$$\text{Equação: } H' = -\sum p_i \cdot \log P_i$$

Em que:

H' : corresponde ao índice de Shannon.

$P_i = n_i/N$

n_i = densidade de cada espécie ou grupo.

N = número total de indivíduos da amostra.

A diversidade de espécies tende a ser maior em ambientes ecologicamente controlados (ODUM, 2004). É representado por valores entre 0 e 5, sendo valores mais altos responsáveis pela maior diversidade.

O método que manifesta o Índice de Dominância de Simpson relaciona-se a probabilidade de indivíduos de uma mesma comunidade pertencer à mesma espécie, tendo variações de 0 a 1, onde o valor superior corresponde a maior dominância de uma determinada espécie em relação às demais.

Este Índice (I_s) pode ser definido pela equação:

$$I_s = N(N-1) / \sum n_i(n_i-1)$$

Onde:

n_i : expressa a densidade de cada ordem;

N : é o número total de cada grupo.

O Índice de Uniformidade de Pielou, o qual refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies ou grupos, sendo o segundo principal componente da diversidade (ODUM, 2004). Seu valor apresenta uma amplitudes de 0 e 1, sendo valores mais altos responsáveis pela maior uniformidade.

Pode ser calculado pela equação:

Equação: $H' / \log S$

Sendo:

H' = Índice de Shannon-Wiener

S = número de espécies ou grupos

Buscando compreender a relação existente entre os organismos edáficos e os fatores químicos, foi também realizada a Análise de Correlação Canônica (CCA) pelo programa PAST Versão 4.03 (HAMMER *et al.*, 2001).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Caracterização da comunidade edáfica

Considerando as três coletas, foram amostrados 100.719 organismos, dos quais 15.378 foram amostrados durante entressafra, no mês de agosto de 2020 (inverno), 60.367 durante a 1° safra de dezembro de 2020 (primavera) e 24.974 durante a safrinha, em abril de 2021 (outono). Os indivíduos coletados foram distribuídos em 19 grupos taxonômicos, sendo: Acari, Araneae, Blattaria, Chilopoda, Coleoptera, Collembola, Dermaptera, Diplopoda, Diptera, Formicidae, Hemiptera, Hymenoptera, Larva Coleoptera, Larva de Diptera, Larva de Neuroptera, Lepidoptera, Ninfa de Hemiptera, Orthoptera e Thysanoptera (Tabela 6).

De modo geral, pôde-se observar presença dos 19 grupos taxonômicos em todos os sistemas ao longo do estudo (Tabela 6), demonstrado que os sistemas de sucessão e rotação de culturas associados com as plantas de cobertura nos diferentes arranjos favoreceram o desenvolvimento dos grupos taxonômicos, pois em ambos os sistemas havia a presença de alta diversidade de plantas ao longo dos períodos amostrais. Segundo Redin *et al.* (2021), o consórcio e a utilização de diferentes espécies de plantas em sistemas de produção proporcionam condições adequadas para o desenvolvimento de diversos grupos de organismos do solo, pois proporciona maior disponibilidade de alimentos, devido à grande quantidade e diversidade de resíduos vegetais que são aportados ao solo.

Tabela 6 – Grupos edáficos e número, de indivíduos amostrados nos sistemas de sucessão e rotação de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Grupos edáficos	Entressafra				1° safra				safrimha			
	SS1	SS2	SR1	SR2	SS1	SS2	SR1	SR2	SS1	SS2	SR1	SR2
Acari	889	941	707	785	2.793	3.545	3.539	3.637	2.388	2.011	3.397	2.918
Aranae	69	101	67	83	127	180	261	140	53	87	69	130
Blattaria	3	2	2	6	19	44	26	20	16	4	5	29
Chilopoda	2	2	0	1	6	65	2	39	3	12	7	0
Coleoptera	261	126	214	119	53	65	47	39	45	55	111	54
Collembola	2.150	1.158	1.527	1.057	6.468	12.375	10.231	11.222	929	1.346	1.463	1.621
Dermaptera	5	2	1	0	8	1	2	3	1	1	0	0
Diplopoda	25	70	12	22	26	102	55	198	341	440	411	228
Diptera	842	390	608	436	369	266	507	436	534	674	955	758
Formicidae	396	211	261	406	1.022	303	216	953	841	511	600	755
Hemiptera	8	2	7	14	0	2	2	3	55	82	96	91
Hymenoptera	9	1	0	2	4	0	0	0	3	0	0	0
Larva de Coleoptera	109	82	100	190	16	45	57	51	41	42	60	25
Larva de Diptera	40	25	24	16	9	9	7	5	0	7	2	3
Larva de Neuroptera	14	7	23	25	0	1	2	0	3	9	7	2
Lepidoptera	2	5	3	3	1	2	1	1	3	3	4	5
Ninfa Hemiptera	65	54	79	132	105	46	35	265	132	65	32	77
Orthoptera	2	6	3	1	48	22	40	41	43	62	47	31
Thysanoptera	79	49	99	49	31	107	85	13	54	25	28	32
Total	4.970	3.234	3.737	3.347	11.105	17.180	15.115	17.066	5.485	5.436	7.294	6.759

Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2; sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2.

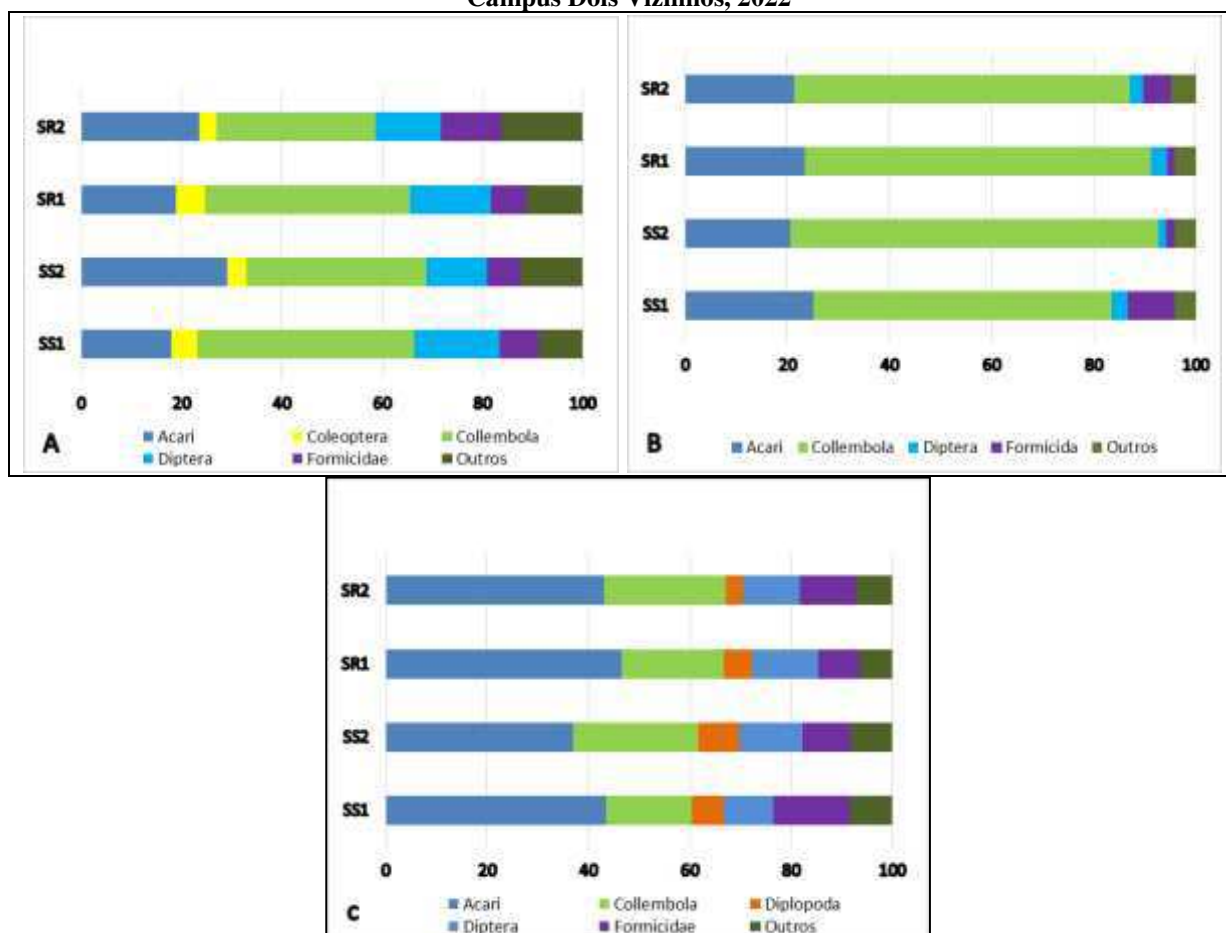
Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Nesta mesma área de estudo, Alves (2021) ao avaliar ao longo de dois anos a biomassa total das plantas de viés grão e de cobertura, evidenciou nos quatro sistemas média de 20,1 toneladas de matéria seca por hectare, superior à sugerida por Lovato *et al.* (2004), os quais sugerem uma adição de no mínimo 8 toneladas de matéria seca por hectare ano para manter de forma positiva o SPD. Em solos de alta qualidade biológica há um adequado fornecimento de habitat e nutrientes para os organismos edáficos, o que favorece a manutenção de uma teia trófica diversificada (MELO; SOUZA; SANTOS, 2019). A presença de palha na superfície do solo e de resíduos orgânicos nos sistemas produtivos estimula a abundância e diversidade da fauna edáfica e favorece a comunidade de organismos do ecossistema, criando microclima favorável para a manutenção das espécies (SOARES, 2022).

Para a frequência relativa serão apresentados somente os grupos taxonômicos com frequência superior a 3%, sendo que os grupos taxonômicos com frequência inferior a este percentual foram agrupados em “outros”. De maneira geral, os grupos taxonômicos Collembola, Acari, Diptera e Formicidae foram os mais significativos, respectivamente, em relação às áreas e épocas de coleta, totalizando 88,53% dos indivíduos amostrados (Gráfico 2A, 2B e 2C), enquanto Coleoptera destaca-se com elevada abundância durante a entressafra (Gráfico 2A) e Diplopoda durante a safrinha (Gráfico 2C). Os grupos aqui relatados com frequência superior a 3% possuem diferentes hábitos alimentares e ampla distribuição no ambiente, podendo apresentar elevada densidade em áreas com diferentes coberturas vegetais, estágios sucessionais, independente de estação chuvosa ou seca, entretanto, podendo variar para o método de coleta e porção do solo avaliado (GIÁCOMO *et al.*, 2017; CORREIA *et al.*, 2018).

Os grupos Acari e Collembola foram mais frequentes em todos os sistemas e durante todas as épocas. Na coleta de entressafra e de 1° safra a Classe Collembola teve maior frequência de organismos em todos os sistemas, totalizando 37,88% de frequência na entressafra (Gráfico 2A) e 65,93% na 1° safra (Gráfico 2B). O grupo Acari obteve maior frequência entre os grupos durante a coleta de safrinha em todos os sistemas, totalizando 29,51% dos organismos coletados (Gráfico 2C).

Gráfico 2 - Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna edáfica associada a solos em sistemas de produções de rotações e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), primavera 1º safra 2020/2021 (B), outono safrinha de 2021 (C). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022



Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2; Outros: soma dos grupos frequência menor de 3%.

Fonte: Autoria própria (2022)

A maior frequência de colêmbolos na entressafra e 1º safra pode estar condicionada à elevada quantidade de serapilheira nos sistemas nestes períodos, composta por resíduos orgânicos em decomposição. Grande parte da matéria orgânica em decomposição nos sistemas, durante os períodos de coleta da fauna edáfica eram das culturas implementadas nos períodos anteriores. Na entressafra estava presente predominantemente a matéria orgânica resultante da palhada da crotalária, brachiaria, feijão, lab-lab, nabo, milho e da soja, enquanto na 1º safra predominava a matéria orgânica da aveia e do consorcio de aveia/nabo e, na safrinha havia palhada em decomposição das cultura do milho e da soja que podem ter condicionado menor quantidade de matéria orgânica comparada aos outros períodos. De acordo com Camacho *et al.* (2022), as maiores frequências de colêmbolos ocorrem nos sistemas de rotação/sucessão em que a cultura anterior proporciona maior quantidade de

cobertura vegetal. A sucessão nas comunidades de Collembola é dependente das plantas e da qualidade e quantidade de serapilheira (DAGHIGHI *et al.*, 2017), as quais exercem influência direta sobre importantes fatores ambientais que afetam o grupo, como temperatura e umidade do solo (ALMEIDA *et al.*, 2017).

Deste modo, outro fator que pode estar relacionado a esta dissimilaridade na comunidade de colêmbolos durante os períodos amostrais pode ser explicada pelo efeito da temperatura e da precipitação que se distinguiu durante os períodos (Gráfico 1). Segundo Verma *et al.* (2014) e Cunha *et al.* (2021), estes organismos são predominantes em solos úmidos e sob matéria orgânica elevada e em decomposição. Sabe-se que organismos da mesofauna são mais afetados pela variação sazonal do que os organismos da macrofauna e que as variações na temperatura e na precipitação influenciam diretamente sua abundância (WU; WANG, 2019).

Os colêmbolos se caracterizam nos agroecossistemas por seu papel na decomposição da matéria orgânica estimulando a atividade microbiana e ciclagem de nutrientes (DA SILVA *et al.*, 2018; FIERA *et al.*, 2020a). Considerando sua sensibilidade a mudanças ambientais, auxiliam a monitorar as mudanças na qualidade do solo, expressando variações ambientais rapidamente (CUCHTA *et al.*, 2019), caracterizando-se como importantes indicadores de qualidade de solo (BELLINGER *et al.*, 2020; KRAFT *et al.*, 2021).

Nos resultados encontrados por Baretta *et al.* (2006b), o grupo Collembola apresentou maior frequência relativa de indivíduos nos tratamentos envolvendo rotação e sucessão de culturas em sistemas de manejo com cultivo mínimo, semeadura direta e preparo convencional do solo, apresentando valores superiores a 35% de ocorrência em todos os tratamentos.

Recursos que são efêmeros, especialmente imprevisíveis e apresentam grande quantidade de energia disponível, como a adição de resíduos agrícolas sustentam comunidades de microartrópodes detritívoros como ácaros e certos grupos de colêmbolos, que apresentam picos populacionais frequentes (SCHEUNEMANN *et al.*, 2015). Em seus estudos, Kraft *et al.* (2021) relataram que os ácaros edáficos juntamente com colêmbolos são os organismos mais abundantes do solo, especialmente em SPD. Ambos são grupos muito importantes na decomposição vegetal e manutenção da fertilidade do solo, geralmente dominando em abundância e diversidade quando se adotam boas práticas agrícolas (MELO *et al.* 2009; BEDANO *et al.*, 2016).

Considerando que o grupo Acari apresenta espécies de variados grupos funcionais como predadores, fitófagos, saprófagos e parasitas, a presença desse grupo em elevada

frequência pode ser considerando como indicador da condição biológica de sistemas e manejo de solo conservacionistas (BARETTA *et al.*, 2011). O grupo Acari por possuir espécies pertencentes ao grupo funcional de fitófagos, indica que sua abundância em áreas agrícolas é explicada pela quantidade e qualidade da biomassa disponível em tais sistemas. Além disso, aplicação de insumos agrícolas como agroquímicos elimina outros grupos funcionais que vivem na cobertura do solo e regulam a comunidade de Acari que vive entre os resíduos vegetais (CARVALHO *et al.*, 2018).

A ordem Diptera foi também abundante durante o estudo em todos os sistemas amostrados (Gráficos 2A, 2B e 2C). Dípteros estão presentes em praticamente todos os habitats e ocupam diversos nichos alimentares (CAMARGO, 2012). Estes organismos aumentam a fertilidade dos solos, melhoram a formação pedológica e atuam como catalizadores do crescimento de plantas. Costa *et al.* (2021), afirmam que eles estão relacionados aos elevados teores de matéria orgânica do solo e Mendes *et al.* (2021), destacam ainda que as populações de dípteros são favorecidas quando há espessa camada de serapilheira que proporciona umidade, bem como fonte de alimento a estes organismos.

A ocorrência desses organismos em áreas agrícolas como as avaliadas pode ser um indicativo de elevado acúmulo de material orgânico no solo, proporcionado pela permanente cobertura vegetal (BARRETA *et al.*, 2011). Os resultados do presente estudo corroboram com o realizado por Lucero *et al.* (2020), que obtiveram grande frequência de dípteros quando avaliaram o efeito das culturas de milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* L.), soja (*Glycine max* L.), trigo (*Triticum* spp.) e o consórcio de nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* L.) sobre a fauna edáfica em SPD.

A família Formicidae por sua vez, foi o quarto grupo mais frequente, caracterizado como um grupo muito abundante e dominante nos ecossistemas terrestres, com grande presença em solos agrícolas (TAUSAN, *et al.*, 2018), estando entre os mais importantes organismos edáficos, pois é responsável por funções ecológicas, como dispersão de sementes, estruturação física e química do solo, predação (BRITO *et al.*, 2016), decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, entre outras (TAVARES *et al.*, 2020).

As formigas, normalmente apresentam maior quantidade de organismos associados a áreas com maior cobertura vegetal que atua como abrigo e proteção (FARIA *et al.*, 2021). Logo, a elevada densidade observada pode estar relacionada com a grande quantidade de material orgânico disponibilizado nos sistemas de rotações e sucessões pelas plantas de viés grão e de cobertura. Esses organismos são muito recorrentes nos estudos de levantamento de

artrópodes do solo, em ambientes ricos de serapilheira que promovem melhores condições climáticas e maior disponibilidade de alimentos (GUIMARÃES *et al.*, 2021).

O táxon Coleoptera foi amostrado em todos os sistemas e em todos os períodos de coleta, com frequência superior a 3% somente na coleta de entressafra nos quatro sistemas (Gráfico 2A), período em que os sistemas apresentavam elevada cobertura vegetal disponibilizada pela aveia e o consórcio de aveia com nabo e a matéria orgânica em decomposição das plantas de viés grão e de cobertura que foram implementadas nos sistemas na safrinha sendo elas: crotalária, brachiaria, feijão, lab-lab, nabo, milheto, milho e da soja. A flutuação das populações de Coleoptera nos sistemas ao longo das estações do ano pode estar relacionada à capacidade de cada espécie explorar nichos tróficos específicos (FRENCH; ELLIOTT, 1999).

Os coleópteros são bons indicadores ambientais por apresentarem alta diversidade, ocupando diferentes níveis tróficos, tendo suas especificidades dentro de seus nichos ecológicos, e são sensíveis às mudanças no manejo do solo (KITAMURA *et al.*, 2020). Além disso, são organismos predadores e regulam as populações de insetos (SANTOS *et al.*, 2017). Chávez-Suárez *et al.* (2016), afirmam que a ordem Coleoptera é um táxon importante, pois participa da fragmentação de resíduos vegetais, sendo considerado um indicador de acúmulo de biomassa e de matéria orgânica.

O grupo Diplopoda apresentou frequência superior a 3% somente na coleta de safrinha em todos os sistemas (Gráfico 2C). A maior frequência deste grupo comparado aos outros períodos pode estar associada à elevada diversidade de espécies vegetais no período, proporcionando a manutenção da umidade do solo e maior diversidade de alimento aos organismos edáficos. Esta observação encontra respaldo no exposto por Semenyuk e Tuinov (2019), os quais destacam que os diplópodes são mais móveis em ambientes de temperatura amena e maior umidade, uma vez que perdem água corporal em períodos mais quentes e de baixa umidade. Estes indivíduos são organismos de superfície que vivem na serapilheira, sendo detritívoros e movimentando-se entre os restos vegetais (BROWN *et al.*, 2015; BRUSCA *et al.*, 2016). Entretanto alguns grupos possuem características morfológicas como tegumento espesso, coloração e tamanho corporal que permitem maior resistência às condições abióticas, influenciando na sua preferência por alimentos mais nutritivos, embora todos os diplópodes sejam saprófagos (SEMENYUK; TUINOV, 2019).

4.3.2 Análise Multivariada (PERMANOVA) e Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER)

Com relação à composição da fauna edáfica, a análise multivariada PERMANOVA evidenciou que não houve diferença estatística significativa das subparcelas sobre a composição da fauna edáfica (Tabela 7). Contudo, em relação aos sistemas, houve diferença estatística significativa em todas as coletas: entressafra $p = 0,0006$, safra $p = 0,0002$ e safrinha $p = 0,0192$ (Tabela 7).

Tabela 7 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada aos organismos da fauna edáfica para os sistemas, subparcelas e interação entre os fatores para a coleta de entressafra, 1° safra e safrinha. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Coleta entressafra (agosto de 2020)					
Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	0,81717	0,27239	2,9697	0,0006*
Subparcelas	5	0,52131	0,10426	1,1367	0,284
SistemasXSubparcelas	15	1,4467	0,096447	1,0515	0,3817
Residual	48	4,4026	0,091722		
Total	71	7,1878			
Coleta 1° safra (dezembro de 2020)					
Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	0,71168	0,23723	5,0645	0,0002*
Subparcelas	5	0,17822	0,035644	0,76095	0,7127
SistemasXSubparcelas	15	0,62072	0,041382	0,88344	0,6634
Residual	48	2,2484	0,046841		
Total	71	3,759			
Coleta safrinha (abril de 2021)					
Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	0,4786	0,15953	2,0617	0,0192*
Subparcelas	5	0,57158	0,11432	1,4773	0,0846
SistemasXSubparcelas	15	1,4004	0,093359	1,2065	0,1627
Residual	48	3,7143	0,077381		
Total	71	6,1649			

Notas: Df: graus e liberdade; SS: soma dos quadrados; MS: média dos quadrados. Valores de p destacados (*) indicam variação significativa para $p < 0,05$.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Em relação às subparcelas, a ausência de efeito pode ter estar relacionada a recente implementação dos arranjos produtivos no ano de 2018, pois as condições ambientais proporcionadas pelas plantas são semelhantes, mesmo com diferentes tratamentos de culturas de cobertura e de interesse comercial (BRITO *et al.*, 2014; AGOSTINHO *et al.*, 2014; SCORIZA *et al.*, 2016). Segundo Zhang *et al.* (2022), os efeitos das misturas de plantas sobre a comunidade da fauna edáfica dependem do tempo experimental, sendo que

experimentos de curto prazo podem não apresentar diferença quanto à resposta da fauna edáfica, impulsionada pelo acúmulo de recursos ao longo tempo.

Ainda com relação à composição da fauna edáfica, a PERMANOVA indicou significância para os fatores, sazonalidade $p = 0,001$, como também a interação entre sistema e sazonalidade $p = 0,0001$ (Tabela 8), evidenciando variações temporais diferenciadas nos pontos amostrados. Nessa perspectiva, Ricklefs (2013) aponta que as condições ambientais como o clima interferem na distribuição dos organismos edáficos. No entanto, vale ressaltar que os resultados podem ter sido afetados pelas práticas de manejo do solo e época de amostragem corroborando com estudos de Lima *et al.* (2021). Ainda nesta perspectiva Lima *et al.* (2020), em seus estudos evidenciaram que os organismos edáficos sofrem alterações na distribuição de táxons por consequência da sazonalidade que contribui na quantidade de cobertura vegetal e umidade do solo, e conseqüentemente alterando os habitats dos organismos edáficos.

Tabela 8 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada aos organismos da fauna edáfica para os sistemas, sazonalidade e interação entre os fatores sistemas e sazonalidade. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	0,81964	0,27321	3,6907	0,001*
Sazonalidade	2	15,902	7,951	107,41	0,0001*
SistemasXSazonalidade	6	1,1875	0,19792	2,6737	0,0006*
Residual	204	15,101	0,074027		
Total	215	33,011			

Notas: Df: graus e liberdade; SS: soma dos quadrados; MS: média dos quadrados. Valores de p destacados (*) indicam variação significativa para $p < 0,05$.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Como não houve efeito das subparcelas e da interação entre sistemas e subparcelas, a fauna edáfica foi avaliada através da PERMANOVA comparando os sistemas par a par (Tabela 9). Através da análise de SIMPER, foram determinados os grupos da fauna edáfica de maior contribuição para a separação dos sistemas. Para tal, são apresentados somente os grupos com contribuição superior a de 3%.

Tabela 9 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações, entre os sistemas de produção de rotação e sucessão associados a plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Interação	Entressafra	1° safra	Safrinha
	----- p – Valor -----		
SS1 – SS2	0,0006*	0,0001*	0,0716
SS1 – SR1	0,0020*	0,0073*	0,0769
SS1 – SR2	0,004*	0,0001*	0,0949
SS2 – SR1	0,016*	0,2259	0,2234
SS2 – SR2	0,128	0,0995	0,021*
SR1 – SR2	0,0174*	0,0263*	0,2865

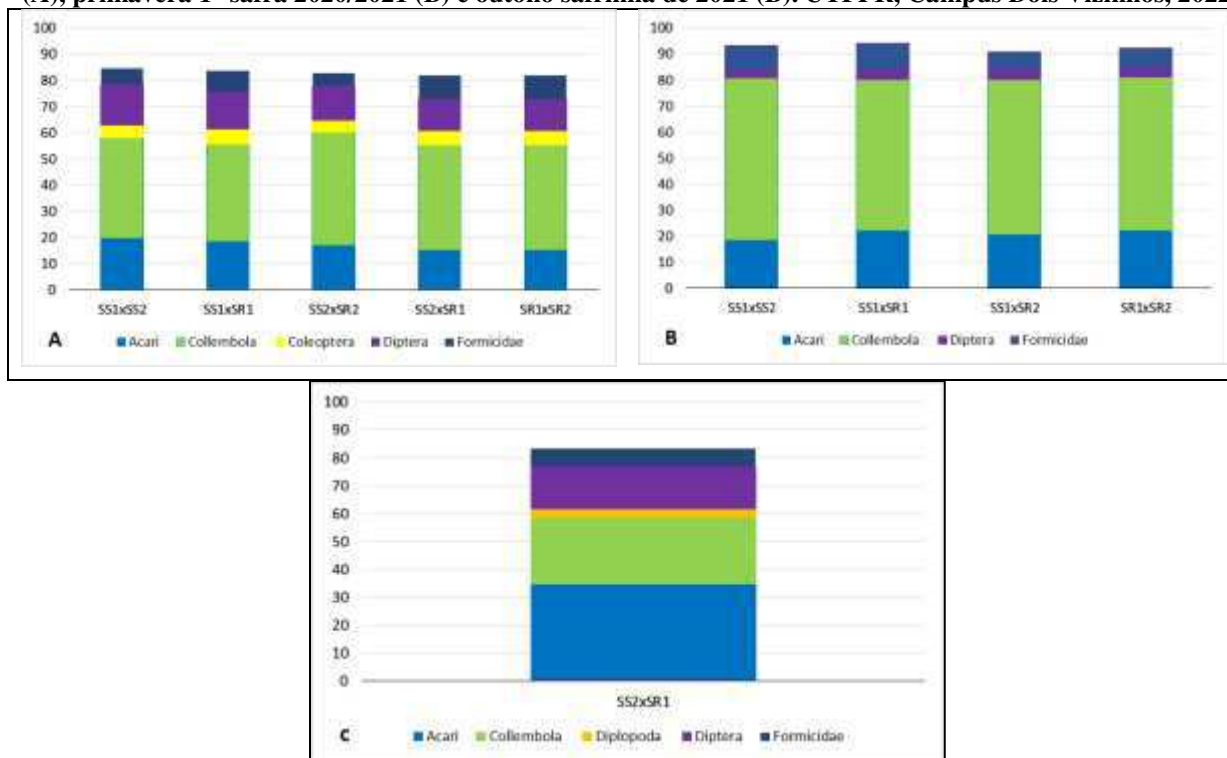
Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2. Valores de p destacados (*) indicam variação significativa para $p < 0,05$.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

As comparações indicaram diferenças significativas na entressafra entre os SS1 vs SS2; SS1 vs SR1; SS1 vs SR2; SS2 vs SR1 e SR1 vs SR2, já os SS2 vs SR2 não diferiram estatisticamente (Tabela 9). O fato dos organismos da fauna edáfica na entressafra comportar-se de maneira semelhante no SS2 vs SR2, pode estar relacionado ao fato que durante a coleta em ambos os sistemas a cultura antecessora que estava em decomposição na entressafra em ambos era a palhada da soja apesar do SS2 ser um sistema de sucessão e o SR2 ser um sistema de rotação.

Para a entressafra, os grupos Acari, Collembola, Coleoptera, Diptera e Formicidae foram os maiores contribuintes para a diferenciação entre os sistemas (Gráfico 3A).

Gráfico 3 – Contribuição em porcentagem dos grupos taxonômicos da fauna edáfica associada a solos em sistemas de produções de rotação e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, obtida através da análise SIMPER, para diferenciação dos sistemas, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), primavera 1° safra 2020/2021 (B) e outono safrinha de 2021 (B). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022



Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2.

Fonte: Autoria própria (2022)

Na 1° safra as comparações indicaram diferenças significativas entre os SS1 vs SS2; SS1 vs SR1; SS1 vs SR2 e SR1 vs SR2 (Tabela 9). Neste período, os grupos taxonômicos que mais contribuíram para a separação dos sistemas foram Collembola, seguido por Acari, Formimicidae e Diptera (Gráfico 3B). Durante esta avaliação, a maior abundância de Collembola, pode estar relacionada à elevada precipitação e aumento da temperatura durante o mês de dezembro, características que favorecem o desenvolvimento de microorganismos no solo com presença de material orgânico, os quais servem como base para a alimentação deste grupo taxonômico (RENDOSŤ *et al.*, 2016)

Na comparação da safrinha somente os sistemas SS2 vs SR2 apresentaram diferença estatística (Tabela 9). Através da comparação dos sistemas par a par na safrinha os organismos da fauna edáfica se comportaram de maneira semelhante em maior parte dos sistemas, período que apresentava a maior diversidade de espécies vegetais nos sistemas. Em sistemas de manejos que apresentarem a deposição de serapilheira de diferentes espécies com oferta diversificada de alimento e substrato para a fauna edáfica beneficia-se o

desenvolvimento de toda a rede trófica destes organismos (DA ROSA *et al.*, 2015). Os grupos com maior contribuição para a diferenciação das áreas foram Acari, Collembola, Diplopoda, Diptera e Formicidae (Gráfico 3C).

4.3.3 Avaliação dos Índices Ecológicos

Avaliando os índices de riqueza, abundância total de organismos, diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (C), riqueza de Margalef (DMg) e uniformidade de Pielou (e), observou-se que não houve diferenças estatísticas significativas em nenhum período de amostragem (Tabela 10).

Tabela 10 – Abundância média, riqueza média de grupos taxonômicos, índice de dominância de Simpson (C) índice de diversidade de Shannon (H'), riqueza de Margalef (DMg) e uniformidade de Pielou referentes à fauna edáfica em sistemas de rotação e sucessão de culturas associada ao uso de plantas de cobertura. Dados em cada época de coleta. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Coleta entressafra (agosto de 2020)				
Índices Ecológicos	SS1	SS2	SR1	SR2
Abundância média	1689,67 a	1077,67 a	1245,00 a	1113,67 a
Riqueza média	15,33 a	16,33 a	14,66 a	14,66 a
Dominância de Simpson (C)	0,25 a	0,24 a	0,26 a	0,2 a
Diversidade de Shannon (H')	1,75 a	1,77 a	1,73 a	1,89 a
Riqueza de Margalef (DMg)	1,95 a	2,19 a	1,93 a	1,95 a
Uniformidade de Pielou	0,65 a	0,64 a	0,64 a	0,71 a
Coleta 1° safra (dezembro de 2020)				
Índices Ecológicos	SS1	SS2	SR1	SR2
Abundância média	3702,0 a	5705,33 a	5038,67 a	5676,33 a
Riqueza média	15 a	14,67 a	15,33 a	14,67 a
Dominância de Simpson (C)	0,41 a	0,56 a	0,51 a	0,49 a
Diversidade de Shannon (H')	1,20 a	0,89 a	1 a	1,05 a
Riqueza de Margalef (DMg)	1,71 a	1,58 a	1,69 a	1,58 a
Uniformidade de Pielou	0,44 a	0,33 a	0,37 a	0,39 a
Coleta safrinha (abril de 2021)				
Índices Ecológicos	SS1	SS2	SR1	SR2
Abundância média	1828,33 a	1812,0 a	2431,33 a	2253,0 a
Riqueza média	15,67 a	15,67 a	15 a	15 a
Dominância de Simpson (C)	0,27 a	0,24 a	0,28 a	0,28 a
Diversidade de Shannon (H')	1,66 a	1,75 a	1,61 a	1,61 a
Riqueza de Margalef (DMg)	1,96 a	1,96 a	1,80 a	1,82 a
Uniformidade de Pielou	0,6 a	0,63 a	0,60 a	0,59 a

Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2; *Médias nas linhas seguidas de letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Este resultado sugere que os sistemas de rotação e sucessão de culturas, independente do seu arranjo, associadas ao uso de plantas de cobertura proporcionaram condições semelhantes para o desenvolvimento da fauna entre os sistemas. Este resultado pode estar relacionado ao fato de ambos os sistemas serem conduzidos em sistema SPD que favorece a biota edáfica, através do fornecimento e manutenção de serapilheira depositada na superfície do solo que funciona como provisão de habitat para os organismos edáficos (MELO; SOUZA; SANTOS, 2019).

Em estudo realizado por Lima *et al.* (2021), ao avaliar o efeito da fitomassa de diferentes plantas de cobertura no desenvolvimento da comunidade da fauna edáfica em cultivo orgânico em SPD observaram que os índices de Shannon e Pielou foram semelhantes entre as parcelas evidenciando que as plantas de cobertura proporcionaram condições semelhantes para o desenvolvimento da fauna edáfica.

Entretanto houve diferença na abundância e nos índices ecológicos entre as épocas de coletas (Tabela 11), indicando que a condição sazonal pode ter influenciado a comunidade de invertebrados edáficos. Segundo Balin *et al.* (2017) as plantas de cobertura influenciam a diversidade e abundância da fauna edáfica, bem como os diferentes períodos de coleta, principalmente devido à oferta alimentar diferenciada em cada período amostral.

Tabela 11 – Abundância média, riqueza média de grupos taxonômicos, índice de dominância de Simpson (C) índice de diversidade de Shannon (H'), riqueza de Margalef (DMg) e uniformidade de Pielou referentes à fauna edáfica em sistemas de rotação e sucessão de culturas associada ao uso de plantas de cobertura. Dados da média das três épocas de coleta. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Índices Ecológicos	Média das três épocas de coleta		
	Entressafra	1° Safra	Safrinha
Abundância média	1289,00 c	5030,58 a	2081,00 b
Riqueza média	15,27 a	14,92 a	15,33 a
Dominância de Simpson (C)	0,24 b	0,49 a	0,26 b
Diversidade de Shannon (H')	1,78 a	1,04 b	1,66 a
Riqueza de Margalef (DMg)	2,01 a	1,64 b	1,88 a
Uniformidade de Pielou	0,65 a	0,38 b	0,61 a

Notas: *Médias nas linhas seguidas de letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p < 0,05).

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Durante a coleta de 1° safra no mês de dezembro obteve-se o maior valor de abundância e de dominância de Simpson (Tabela 11). A elevada abundância da classe Colembolla com 65,93% de total de indivíduos em todos os sistemas durante a 1° safra favoreceu o índice de dominância. Resultado semelhante foi evidenciado por Almeida *et al.* (2017), os quais observaram que o índice de dominância de Simpson foi influenciado pela

população de colêmbolos em diferentes usos de culturas e consórcios de cobertura do solo. Desse modo, a maior dominância não é um resultado negativo, pois o grupo Collembola é utilizado como bioindicador de intervenções antrópicas, bem como da qualidade do solo (CUTZ-POOL *et al.*, 2007).

Além disso, as condições climatológicas durante a 1^o safra, com precipitação média acima de 100 milímetros e temperatura média acima de 20° C (Gráfico 1), favoreceu o maior valor de abundância de organismos neste período. Segundo Villagomez *et al.* (2019) e Abbas e Parwez (2020), a variação sazonal impacta nos processos desempenhados pelos organismos do solo e na abundância da fauna edáfica, que é fortemente influenciada pela precipitação e temperatura atmosférica.

Na entressafra e safrinha obteve-se os melhores valores de diversidade de Shannon e riqueza de Margalef. Em relação ao índice de Margalef, que estima a diversidade e riqueza específica, durante a entressafra e safrinha apresentaram valores estatisticamente iguais a 2,0 valor mínimo para solos diversos e ricos (SANTOS *et al.*, 2018). As menores abundâncias de organismos durante estas avaliações contribuíram para melhor uniformidade de Pielou, minimizando o efeito da dominância de grupos específicos.

O fato destes períodos apresentarem os melhores índices pode estar relacionado a maior diversidade de espécies vegetais implementadas nos sistemas e distribuídos nas subparcelas, na entressafra com a presença de aveia e consorcio de aveia com nabo e na safrinha com a implementação de crotalária, brachiaria, feijão, lab-lab, milho, nabo, milho e soja comparado com a 1^o safra em que havia apenas milho e soja distribuídos nos sistemas. Essa ideia se sustenta, considerado que as melhores condições para o estabelecimento de organismos invertebrados do solo estão associadas a maior diversidade de espécies vegetais (POMPEO *et al.*, 2016; CHIRIAC, MARARIU, 2021; ZHANG *et al.*, 2022), uma vez que propiciam heterogeneidade de micro habitats e, portanto, aumentam a diferenciação de nichos entre os grupos (SANTONJA *et al.*, 2017).

A diversidade das comunidades de artrópodes está relacionada à diversidade da comunidade vegetal do habitat, pois em ambientes mais complexos há maior oferta de nichos ecológicos, refúgios contra predadores e disponibilidade de sítios para nidificação (WU; WANG, 2019).

Os resultados aqui reportados são semelhantes aos descritos por Soares (2022), que em sistemas com plantas de cobertura de solo no período do outono e inverno com acúmulo de palhada na superfície do solo, independente do cultivo solteiro ou consorciado, proporcionaram alimento e fonte de energia para a fauna edáfica, favorecendo melhores

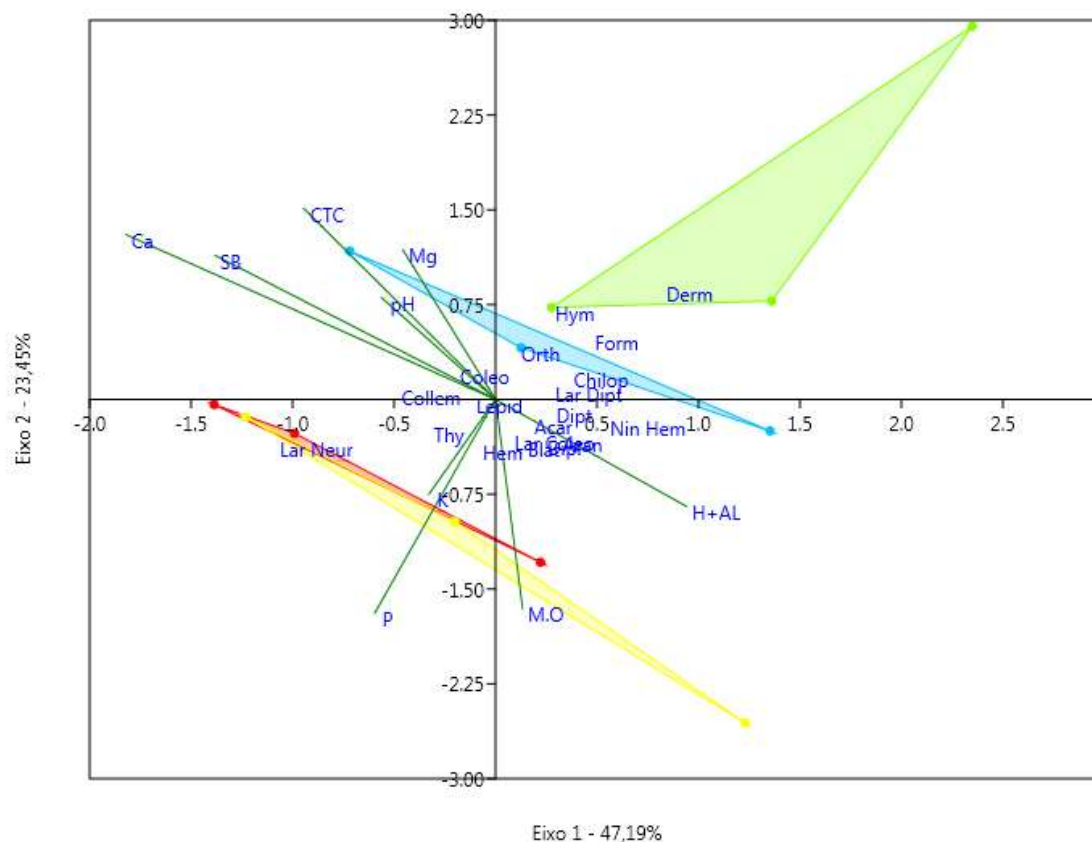
índices ecológicos. Desta forma a fauna edáfica responde positivamente ao uso de plantas de cobertura, pois esta prática de manejo melhora as condições do solo (SCORIZA *et al.*, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2021), contribuindo para a estabilidade da umidade e temperatura, fornecendo uma fonte constante de alimento, favorecendo o desenvolvimento da fauna (MACCARI *et al.*, 2020).

4.3.4 Análise de Correlação Canônica (CCA)

Análise de Correlação Canônica (CCA) permitiu compreender a correlação entre os atributos químicos do solo e os organismos edáficos nos sistemas de rotação e sucessão de culturas durante as épocas de coleta. As propriedades químicas do solo são fatores que determinam a estrutura da comunidade da fauna do solo (NISA *et al.*, 2021), sendo que nesta temática vários estudos já avaliaram estas relações (MARTÍNEZ-MERA *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2019; GALINDO *et al.*, 2022).

A CCA referente à coleta de entressafra explicou 76,91% da variabilidade total dos dados, sendo o eixo 1 responsável por 58,96 e o eixo 2 responsável por 17,95% da variabilidade total (Gráfico 4). Os resultados evidenciaram maior associação da MO, P, H + Al com os grupos Coleoptera e Larva de Diptera, enquanto o grupo Dermaptera apresenta maior correlação com o elemento K. Por sua vez os grupos Araneae, Collembola, Diplopoda e Chilopoda estão mais correlacionados com Ca, CTC, SB, pH e Mg.

Gráfico 5 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente aos grupos taxonômicos da fauna edáfica sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente a primavera 1° safra 2020. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

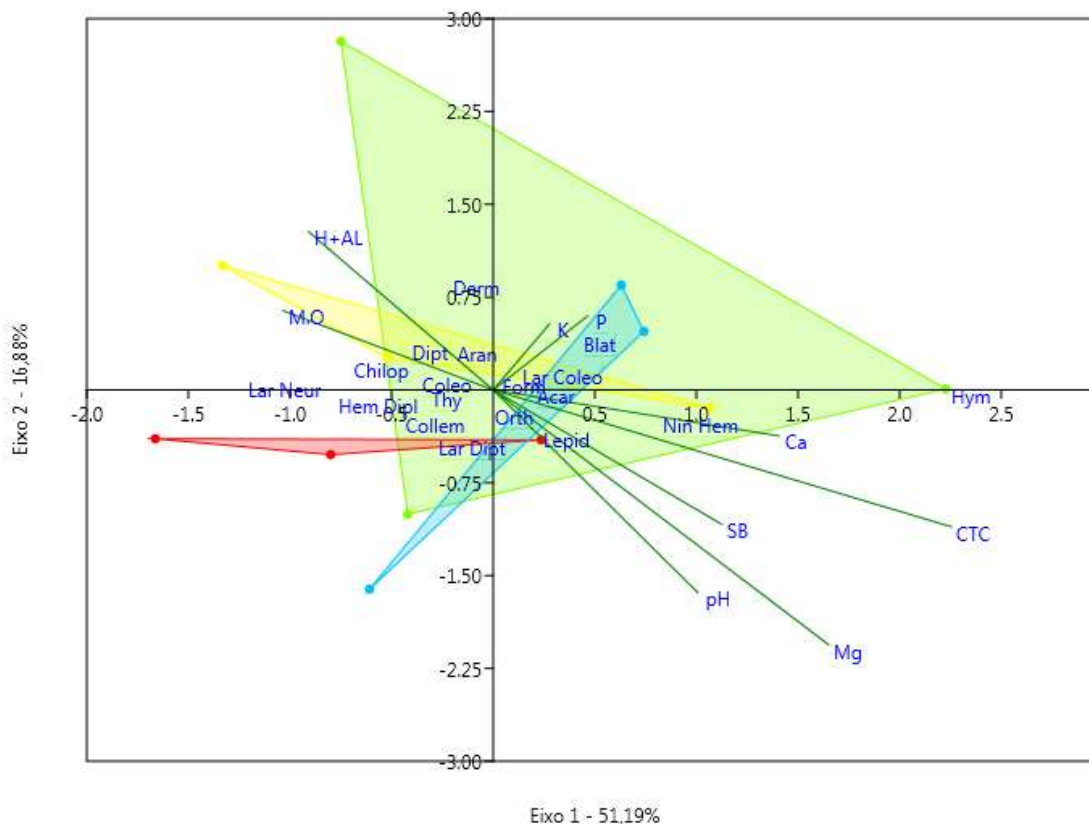


Notas: Sistema de produção n° 1 sucessão 1 (verde); sistema de produção n° 2 sucessão 2 (vermelho); sistema de produção n° 3 rotação 1 (amarelo); sistema de produção n° 4 rotação 2 (azul); Acar: Acari; Aran: Aranae; Blat: Battaria; Chilop: Chilopoda; Coleo: Coleoptera; Collem: Collembola; Derm: Dermaptera; Dipl: Diplopoda; Dipt: Diptera; Form: Formicidae; Hem: Hemiptera; Hym: Hymenoptera; Lar coleo: Larva de Coleoptera; Lar Dip: Larva de Diptera; Lar Neor: Larva de Neuroptera; Lepid: Lepidoptera; Nin Hem: Ninfa de Hemiptera; Ortho: Orthoptera; Thy: Thysanoptera; MO: matéria orgânica; P: fósforo; pH: acidez ativa; K: potássio; H + AL: acidez potencial ou total; Ca: cálcio; Mg; magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions.

Fonte: Aatoria própria (2022)

Na safrinha, a CCA explicou 68,07% da variabilidade dos dados, sendo 51,19% explicados pelo eixo 1 e 16,88% pelo eixo 2 (Gráfico 6). A MO e H + Al correlacionaram com os grupos Anareae, Chilopoda, Dermaptera, Diptera e Coleoptera. Já as Larvas de Coleoptera e Blattaria foram correlacionados com os elementos P e K. Por outro lado, o Ca, CTC, Mg, pH e SB correlacionaram com os grupos Acari, Lepioptera, Hyminoptera, Ninfa de Hemiptera e Orthoptera.

Gráfico 6 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente aos grupos taxonômicos da fauna edáfica sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao outono safrinha de 2021 (C). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022



Notas: Sistema de produção n° 1 sucessão 1 (verde); sistema de produção n° 2 sucessão 2 (vermelho); sistema de produção n° 3 rotação 1 (amarelo); sistema de produção n° 4 rotação 2 (azul); Acar: Acari; Aran: Aranae; Blat: Battaria; Chilop: Chilopoda; Coleo: Coleoptera; Collem: Collembola; Derm: Dermaptera; Dipl: Diplopoda; Dipt: Diptera; Form: Formicidae; Hem: Hemiptera; Hym: Hymenoptera; Lar coleo: Larva de Coleoptera; Lar Dip: Larva de Diptera; Lar Neor: Larva de Neuroptera; Lepid: Lepidoptera; Nin Hem: Ninfa de Hemiptera; Ortho: Orthoptera; Thy: Thysanoptera; MO: matéria orgânica; P: fósforo; pH: acidez ativa; K: potássio; H + AL: acidez potencial ou total; Ca: cálcio; Mg: magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions.

Fonte: Autoria própria (2022)

Observa-se forte correlação do grupo Dermaptera com o SS1 em ambas as coletas (Gráficos 4, 5 e 6), sendo este um sistema de sucessão da cultura do milho, estes organismos são frequentemente encontrados na cultura do milho sendo considerado um predador de pragas agrícolas. Estes indivíduos são predadores generalistas muitas vezes considerados pragas, entretanto exercem função de controle biológico sobre infestações de pulgões (FOUNTAIN; HARRIS, 2015).

As propriedades químicas do solo influenciaram a estrutura da comunidade da fauna edáfica, variando a relação de acordo com o grupo da fauna edáfica. Chamarro-Martínez *et al.* (2022) observaram que as propriedades químicas do solo influenciaram a estrutura da comunidade da fauna edáfica em solos agrícolas tropicais, os organismos da macrofauna foram influenciados pela matéria orgânica e os organismos da mesofauna pelo fósforo.

O potássio segundo Perdigão *et al.* (2010) estimula nas plantas o desenvolvimento da raiz. Desta forma o K pode atuar de forma indireta sobre a fauna do solo, pois ao favorecer o desenvolvimento de raízes, favorece as associações microbianas na rizosfera, auxiliando tanto na estruturação do solo, quanto na atividade de uma maior diversidade de organismos edáficos (BARETTA *et al.*, 2011).

A dinâmica do P durante a decomposição da serapilheira pode ser fortemente afetada pela fauna do solo, e tais efeitos podem ser moderados pela disponibilidade de nutrientes e condições ambientais (PENG *et al.*, 2019). Wang *et al.* (2016) encontraram associação entre a fauna do solo com matéria orgânica e fósforo, o que sugere que a diversidade do solo está associada à disponibilidade de nutrientes do solo. A matéria orgânica é responsável por proporcionar melhorias no ambiente edáfico através da manutenção do microclima e umidade além de fornecer diversidade de micro habitats aos organismos (PEREIRA *et al.*, 2021).

Os organismos do solo são responsáveis pelos processos gerais e fundamentais para a sustentabilidade global, diante disso, podemos concluir que as práticas de manejo, uso do solo e períodos amostrais afetam diretamente as populações e a atividade da fauna edáfica, sendo de grande importância à produção de conhecimento acerca desta comunidade, além da conservação e da promoção de sua abundância e diversidade (ANTUNES; AQUINO; ASSIS, 2019), ou seja, os organismos do solo são decisivos para o desempenho dos agrossistemas, pois agem nos principais processos iniciais e cooperam para avanços na qualidade do solo e para um sistema equilibrado (BATISTA *et al.*, 2018).

Dessa forma, as indicações gerais de manejo, pensando no aumento preservação da fauna edáfica em áreas agrícolas exploradas pelo homem, é de que se conserve o máximo possível o solo do ponto de vista de aumento de palhada e resíduos culturais, se reduza mobilização no solo e se aumente a rotação, sucessão de culturas associado ao uso de plantas de cobertura com espécies de alto aporte de massa seca sob a superfície do solo após seus ciclos.

4.4 Conclusão

Há elevada abundância de organismos do solo nos sistemas de rotação e sucessão de culturas associados ao uso de plantas de cobertura, sendo os grupos taxonômicos Collembola, Acari, Formicidae e Diptera os mais frequentes nos quatro sistemas, independentemente da época de coleta.

Os sistemas de rotação e sucessão de culturas associados ao uso de plantas de cobertura proporcionaram condições semelhantes para o desenvolvimento da fauna edáfica.

Os índices de diversidade e abundância foram semelhantes nos sistemas.

A fauna edáfica comportou-se de maneira diferente nos sistemas ao longo do tempo, principalmente pela distinta oferta de alimento em cada período amostral.

Os atributos químicos do solo apresentam correlação com a distribuição da fauna edáfica.

5 COMUNIDADE DE COLEOPTERA EM SISTEMA DE SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS ASSOCIADAS AO USO DE PLANTAS DE COBERTURA

5.1 Introdução

O solo fornece o básico para a subsistência e bem-estar humano, incluindo abastecimento de alimentos, água doce e muitos outros serviços ecossistêmicos, além da biodiversidade (SHUKLA *et al.*, 2019). Este é especialmente o caso dos solos das áreas agrícolas, que representam 13% da cobertura total do solo livre de gelo em escala global e estão entre os recursos mais importantes para o funcionamento do ecossistema, muitas vezes comprometidos pela má gestão (MENTA *et al.*, 2020).

Neste sentido, as condições impostas pelo uso e manejo do solo podem alterar populações de organismos edáficos, com impactos na sustentação dos serviços ambientais, devido aos efeitos diretos e indiretos sobre fatores relacionados ao solo e às plantas (BARETTA *et al.*, 2014). De modo geral, as mudanças observadas nos ambientes ocorrem por mudanças climáticas, alterações na composição das plantas e também pela intensificação do uso da terra, que podem ocasionar impactos positivos e negativos nas comunidades que vivem no solo (POMPEO *et al.*, 2020a).

Entre estas comunidades, destaca-se a ordem Coleoptera, um dos táxons de artrópodes mais abundantes e diversificados com cerca de 380.000 espécies descritas (GUEDES *et al.*, 2019). No Brasil esse número é de 32.000 espécies, pertencentes a 114 famílias (MONNÉ e COSTA, 2022). Estes insetos ocupam inúmeros nichos ecológicos (GANHO; MARINONI, 2006; GULLAN; CRANSTON, 2012), alimentando-se de todos os tipos de materiais vegetais e animais, sendo geralmente fitófagos, porém, outros são predadores, fungívoros, detritívoros e alguns poucos parasitas (MARINONI *et al.*, 2001; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Essa variabilidade de hábitos alimentares faz com que os besouros desempenhem papéis importantes nos ecossistemas terrestres onde se encontram (GULLAN; CRANSTON, 2012), atuando em processos ecológicos fundamentais para o funcionamento desses ambientes, incluindo auxílio na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, regulação da população de outros organismos, além de interferir nas propriedades físicas e químicas do solo (KORASAKI *et al.*, 2017). Além disso, são utilizados como indicadores biológicos, por serem capazes de demonstrar as consequências das atividades antrópicas (CAJAIBA *et al.*, 2017; HOMBURG *et al.*, 2019; BERNARDES *et al.*, 2020) e responder rapidamente às mudanças ambientais (BARRETTO *et al.*, 2019).

A adoção de sistemas agrícolas conservacionistas, que mantenham a cobertura do solo e a qualidade da serapilheira ou dos restos culturais, pode reduzir os impactos sobre a comunidade de coleópteros edáficos, causados pela fragmentação de habitats e mudanças no uso da terra no meio rural (POMPEO *et al.*, 2020a). Neste contexto, uma alternativa é a adoção do SPD com uso de plantas de cobertura que têm sido repetidamente recomendados para aumentar a resiliência de agroecossistemas e melhorar a biodiversidade do solo (FIORINI *et al.*, 2022). Por meio desta prática busca-se atender a uma das premissas básicas do SPD que é a adequação do sistema de rotação e sucessão de culturas de modo a otimizar o aporte de material vegetal, promovendo o aumento na infiltração de água da chuva, redução de plantas daninhas (AMBROSANO *et al.*, 2005; POSSAMAI *et al.*, 2022), proteção do solo contra processos erosivos pela cobertura morta, e estimular a ciclagem de nutrientes (SILVA *et al.*, 2015). Por consequência a composição das plantas de cobertura nestes sistemas afetam de forma positiva a atividade, abundância (LIMA *et al.*, 2021) e diversidade dos organismos edáficos (LIMA *et al.*, 2021; BALIN *et al.*, 2017), dentre eles as comunidade de coleópteros, contribuindo para a manutenção dos serviços ambientais e melhorar a qualidade do solo nos agroecossistemas (POMPEO *et al.*, 2020a).

No entanto, embora de grande importância, poucos estudos têm sido dedicados à análise da fauna de coleópteros edáficos em diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Neste sentido o objetivo deste estudo foi avaliar a abundância e diversidade da comunidade de coleópteros em sistemas de sucessão e rotação de culturas associados ao uso de plantas de cobertura em SPD.

5.2 Metodologia

5.2.1 Caracterização da área experimental

Idem item 4.2.1

5.2.2 Delineamento experimental

Idem item 4.2.2

5.2.3 Método de coleta

Idem item 4.2.3

5.2.4 Caracterização da comunidade de Coleoptera

O material coletado em cada armadilha foi analisado individualmente com o auxílio de placas Petri e microscópio estereoscópio, com o aumento de até 40 vezes, onde a comunidade de coleópteros foram classificados em nível de família baseados em chaves dicotômicas de classificação e consultas a materiais bibliográficos (RAFAEL *et al.*, 2012; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011) e posteriormente classificados em grupos tróficos (MARINONI, 2001; MARINONI *et al.*, 2001). Os resultados foram registrados em uma ficha de campo, constando o número total de organismos, assim como a quantidade de cada grupo presente em cada amostra por área coletada.

5.2.5 Atributos Químicos do solo

Idem item 4.2.5

5.2.6 Análises estatísticas

Os dados foram avaliados por meio da Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para testar as diferenças na composição das famílias da Ordem Coleoptera, considerando o efeito das subparcelas, dos sistemas e dos períodos amostrais. As análises estatísticas foram realizadas no software PAST 4.03 com distância de Bray-Curtis e 9999 permutações. Após verificar a existência de significância entre os sistemas, foi usada uma avaliação dos grupos aos pares por meio do procedimento PERMANOVA para testar a diferença entre os sistemas. Como forma de avaliar quais as famílias que mais contribuíram para separação dos tratamentos observados na PERMANOVA efetuaram-se análises de similaridade (SIMPER) utilizando o coeficiente de distanciamento de Bray-Curtis, obtendo-se as respectivas contribuições de cada família.

Os dados obtidos através da triagem dos organismos foram tabulados no programa Microsoft Office Excel para obtenção dos valores de riqueza (S) de grupos taxonômicos (número total de grupos), abundância de organismos (número total de indivíduos) e

frequência relativa (Fr% - frequência absoluta/total de frequências absolutas) dos indivíduos observados nos diferentes tratamentos. Por meio do programa PAST Versão 4.03 (HAMMER *et al.*, 2001), foram obtidos os índices de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (C), os quais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade pelo programa Rbio (BHERING, 2017).

O índice de Shannon representa a diversidade, tomando por base as razões entre o número de espécies e os valores de importância dos indivíduos, tendo por componentes principais a riqueza de espécies e a abundância relativa. (ODUM, 2004).

Pode ser determinado pela fórmula a seguir:

$$\text{Equação: } H' = -\sum p_i \cdot \log P_i$$

Em que:

H': corresponde ao índice de Shannon.

$$P_i = n_i/N$$

n_i = densidade de cada espécie ou grupo.

N = número total de indivíduos da amostra.

A diversidade de espécies tende a ser maior em ambientes ecologicamente controlados (ODUM, 2004). É representado por valores entre 0 e 5, sendo valores mais altos responsáveis pela maior diversidade.

O método que manifesta o Índice de Dominância de Simpson relaciona-se a probabilidade de indivíduos de uma mesma comunidade pertencer à mesma espécie, tendo variações de 0 a 1, onde o valor superior corresponde a maior dominância de uma determinada espécie em relação às demais.

Este Índice (I_s) pode ser definido pela equação:

$$I_s = N(N-1) / \sum n_i(n_i-1)$$

Onde:

n_i : expressa a densidade de cada ordem;

N: é o número total de cada grupo.

Buscando compreender a relação existente entre as famílias da Ordem Coleoptera e os fatores químicos, foi também realizada a Análise de Correlação Canônica (CCA) pelo programa PAST Versão 4.03 (HAMMER *et al.*, 2001).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Caracterização da comunidade de Coleoptera

Durante os três períodos de coleta do estudo foram identificados 1.142 indivíduos da ordem Coleoptera, dos quais 672 foram coletados durante a entressafra em agosto de 2020 (inverno), 216 na 1^o safra em dezembro de 2020 (primavera) e 254 na safrinha em abril de 2021 (outono). Estes organismos foram classificados em 12 famílias, sendo: Anthicidae, Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Elateridae, Leiodidae, Monotomidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Silvanidae, Staphylinidae e Tenebrionidae (Tabela 12).

Para a frequência relativa são apresentados somente os grupos taxonômicos com frequência superior a 3%, sendo que os grupos com frequência inferior a este percentual foram agrupadas em “outros”. De maneira geral, as famílias mais representativas considerando as três amostragem conjuntamente, foram Nitidulidae (24,98%), Tenebrionidae (22,48%), Silvanidae (12,76%), Staphylinidae (12,68%), Carabidae (8,23%), Anthicidae (7,04%) e Elateridae (4,3%), correspondendo juntas a 85,45% do total amostrado (Gráfico 7A, 7B e 7C).

Estas famílias são dominantes, seja pela sua diversidade de espécies ou pela adaptação aos ecossistemas avaliados sendo reportadas em diferentes trabalhos, mas em ordenação de frequência distinta. Entre os diferentes sistemas e períodos amostrais durante o estudo, a posição dominante de cada família se alterna, provavelmente como consequência da disponibilidade de alimento, que acaba favorecendo de formas distintas grupos tróficos específicos (GANHO; MARINONI, 2003).

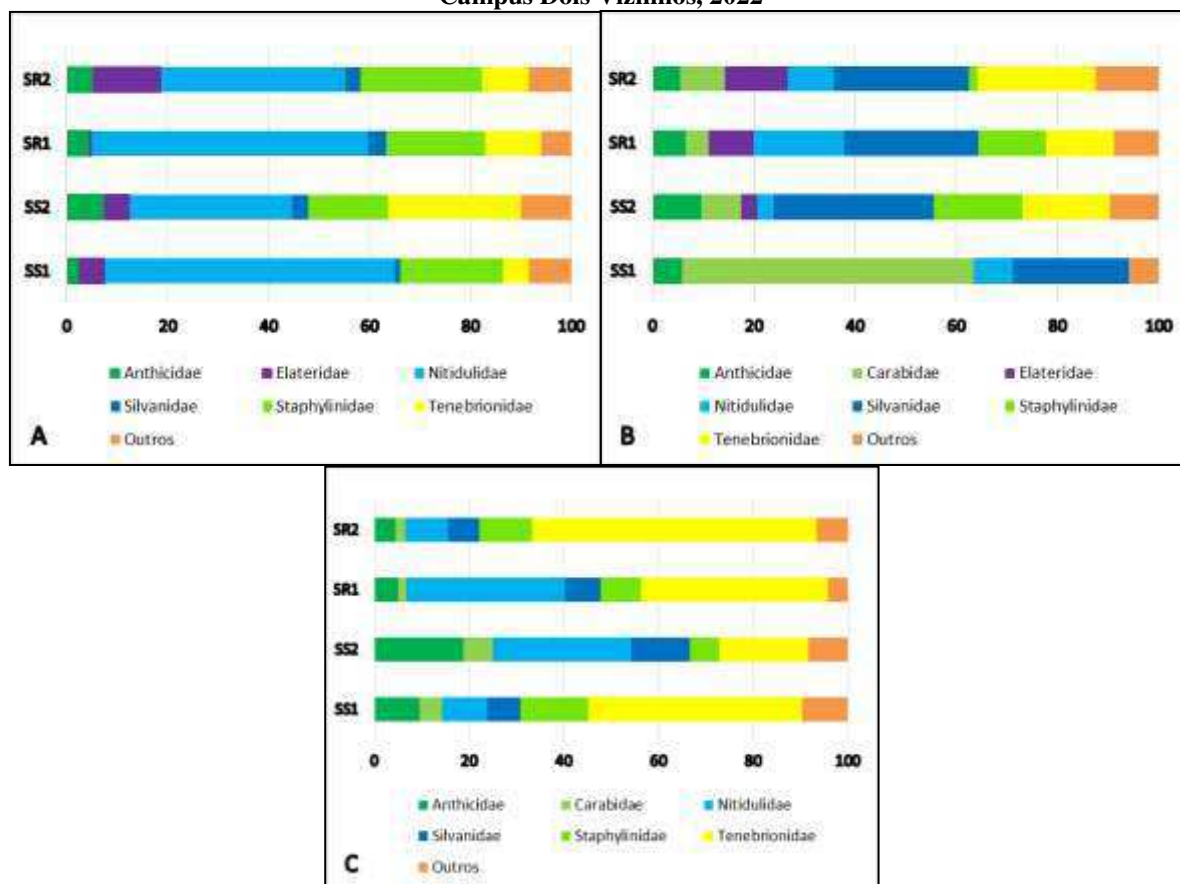
Tabela 12 – Família e número de indivíduos da Ordem Coleoptera amostrados nos sistemas de sucessão e rotação de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Famílias	Entressafra				1° safra				Safrinha			
	SS1	SS2	SR1	SR2	SS1	SS2	SR1	SR2	SS1	SS2	SR1	SR2
Anthicidae	6	9	9	5	3	6	3	3	4	9	6	2
Carabidae	10	1	0	0	30	5	2	5	2	3	2	1
Chrysomelidae	2	0	1	1	1	2	1	2	0	1	1	2
Curculionidae	7	8	10	4	1	2	2	1	1	0	0	0
Elateridae	13	6	1	13	0	4	4	7	0	1	1	0
Leiodidae	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0
Monotomidae	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Nitidulidae	145	39	112	35	4	2	8	5	4	14	40	4
Scarabaeidae	0	1	0	0	1	2	1	4	0	1	1	1
Silvanidae	3	4	7	3	12	20	12	15	3	6	9	3
Staphylinidae	51	19	40	23	0	11	6	1	6	3	10	5
Tenebrionidae	3	32	23	9	0	11	6	13	19	9	47	27
Total	251	121	204	96	52	63	45	56	42	48	119	45

Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2; sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Gráfico 7 – Frequência relativa das famílias da ordem Coleoptera associada a solos de sistemas de produções de rotações e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), primavera 1º safra 2020/2021 (B), outono safrinha de 2021 (C). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022



Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2; Outros: soma dos grupos frequência menor de 3%.

Fonte: Autoria própria (2022)

Neste contexto, Pompeo *et al.* (2016) ao avaliar a abundância de famílias de coleópteros em diferentes sistemas de uso do solo, observaram que as famílias Staphylinidae, Scarabaeidae e Carabidae foram as mais representativas, principalmente em SPD e Integração Lavoura Pecuária. Em seus estudos, Daneluz *et al.* (2021) identificou a predominância das famílias Curculionidae, Nitidulidae e Staphylinidae ao avaliar a macrofauna epiedáfica associada a diferentes usos do solo, incluindo cultivo de milho e soja sob SPD, na região Sudoeste do estado do Paraná. Neste mesmo sentido, Bernardes *et al.* (2020) ao avaliar famílias de coleópteros do solo sob diferentes usos e manejos incluindo área manejada em SPD com cultivo de soja e milho em rotação, as famílias mais abundantes foram Nitidulidae Carabidae e Tenebrionidae.

Ainda neste sentido, Pompeo *et al.* (2020a) ao avaliar a abundância e diversidade de Coleoptera em cinco sistemas de uso do solo no oeste catarinense incluindo SPD envolvendo

rotação de culturas e sistemas integração lavoura pecuária, as famílias de Coleoptera mais abundantes foram Staphylinidae, Tenebrionidae, Carabidae, Scarabaeidae e Nitidulidae.

No presente estudo, a família Nitidulidae destacou-se na entressafra sendo a mais frequente nos quatro sistemas, totalizando 45,24% de frequência (Gráfico 7A) e durante a safrinha no SS2 com 29,17% (Gráfico 7C). Esta família apresenta um dos mais diversos repertórios alimentares entre todas as famílias de coleópteros (LEE *et al.*, 2020). A maioria das espécies conhecidas é detritívora, consomem vegetais e animais em decomposição, todavia, há espécies fungívoras, carnívoras e herbívoras (MARINONI *et al.*, 2001). Devido ao hábito alimentar predominante desses insetos e considerado a função que desempenham, os nitidulídeos são mencionados como importantes fragmentadores de matéria orgânica, atuando na ciclagem de nutrientes contribuindo significativamente para a estrutura e fertilidade do solo (CROSSLEY *et al.*, 1992), e, por isso, estão associados a sistemas de manejo com rápido incremento de resíduos vegetais na superfície do solo (ARAÚJO *et al.*, 2004) como os sistemas de rotação e sucessão de culturas associados ao uso de plantas de cobertura avaliados no estudo.

A família Tenebrionidae predominou em SS1, SR1 e SR2 durante a safrinha (Gráfico 7C). A maioria das espécies desta família se alimenta de plantas e matéria animal em decomposição ou larvas que habitam o solo, embora também possam se alimentar de raízes e sementes, fungos, podendo ainda atuar como predadores facultativos (FATTOPRI, 2008).

A família Silvanidae teve destaque na 1ª safra sendo a mais frequente entre as famílias em SS2, SR1 e SR2, totalizando frequência de 28,40% nos três sistemas (Gráfico 7B). A grande predominância deste grupo durante o estudo pode estar relacionada ao fato dos sistemas serem conduzidos sob SPD. Em estudos realizados por Pompeo *et al.* (2016) e Pompeo *et al.* (2020a), ao avaliar diferentes sistemas de uso do solo a família Silvanidae apresentou relação com o SPD.

Os estafilínídeos por sua vez, apresentaram elevada frequência durante o estudo (Gráfico 7A, 7B e 7C), são comumente encontrados em áreas sob culturas agrícolas e, por sua natureza predatória, se destacam como agentes de controle biológico de pragas (SOTHERTON, 1984). Além de predadores, os representantes da família Staphylinidae são também detritívoros/decompositores, e podem ser coprófagos, necrófagos ou consumidores de fungos e materiais em decomposição (BROWN *et al.*, 2015). De acordo com Mueller *et al.* (2016) a ocorrência e distribuição da família está associada a ambientes com alta disponibilidade de matéria orgânica e umidade como os sistemas de sucessão e rotação de culturas associada ao uso de plantas de cobertura. Segundo Hendrix *et al.* (1986), a adoção do

SPD favorece a ocorrência de famílias, que se alimentam, principalmente, de material vegetal em decomposição.

A família Carabidae destacou-se com maior frequência na 1^o safra no SS1 (Gráfico 7B). Estes coleópteros são descritos como reguladores ambientais (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011), englobando espécies que possuem potencial de uso para o controle biológico de artrópodes considerados pragas agrícolas (BOSCARDIN *et al.*, 2017) e controle de sementes de plantas invasoras em áreas de cultivo agrícola (PETIT *et al.*, 2018). Além disso, os carabídeos são apontados como bioindicadores de qualidade ambiental devido à sua fidelidade ecológica, quando comparado a outras famílias de coleópteros, que são mais generalistas em relação ao meio ambiente (BROWN; KEITH, 1991).

A dominância de diferentes famílias nos sistemas durante as amostragens pode ser atribuída à disponibilidade de alimentos durante cada período de coleta (MARINONI; GANHO, 2006), pois a composição das famílias e a abundância de coleópteros edáficos dependem da cultura cultivada (MULLER *et al.*, 2022).

5.3.2 Classificação das famílias de Coleoptera em grupos tróficos

Os coleópteros são classificados de acordo com seus hábitos alimentares em cinco grupos tróficos: herbívoros, algívoros, fungívoros, detritívoros e carnívoros (MARINONI, 2001; MARINONI *et al.*, 2001). Dentre os grupos tróficos amostrados neste estudo, apenas os algívoros não foram encontrados (Tabela 13). Os grupos funcionais (herbívoros, fungívoros, detritívoros e carnívoros) formam a teia trófica do solo, onde, através das suas atividades e serviços, regulam a ciclagem de nutrientes, transformação da matéria orgânica e dinâmica de comunidade edáfica (SOUZA; FREITAS, 2018).

A ordem Coleoptera é muito diversificada, de forma que muitas famílias não se encaixam em apenas um grupo trófico específico. Dessa forma, em diversos estudos é comum encontrar a distinção dos grupos de forma mais simplificada, classificando-os apenas em herbívoros e não herbívoros (MARINONI; GANHO, 2003). Essa comparação entre os besouros herbívoros e os demais indivíduos permite avaliar o impacto das modificações ambientais na estrutura da comunidade (MARINONI; GANHO, 2006), já que comunidades mais conservadas tendem a apresentar maior abundância de coleópteros não herbívoros, devido à complexidade de teias alimentares e de nichos ecológicos (DERENGOSKI *et al.*, 2017). No estudo, observa-se que houve dominância de besouros não herbívoros (Tabela 13).

Tabela 13 – Abundância e grupos tróficos da ordem Coleoptera nos sistemas de rotação e sucessão de culturas associado ao uso de plantas de cobertura durante as coletas de entressafra, 1º safra e safrinha. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Grupos tróficos simplificados	Grupos tróficos	Famílias	SS1	SS2	SR1	SR2
Não Hb	Cr, Dt	Anthicidae	13	23	18	11
Não Hb	Cr, Hb	Carabidae	14	9	4	6
Não Hb	Cr, Fg	Monotomidae	3	1	0	0
Não Hb	Fg, Cr, Dt, Hb	Nitidulidae	152	55	160	45
Não Hb	Fg, Cr, Dt	Leiodidae	0	2	2	1
Não Hb	Fg, Cr, Dt, Hb	Staphylinidae	54	30	56	29
Não Hb	Fg, Cr, Dt, Hb	Scarabaeidae	1	4	2	5
Não Hb	Fg, Cr, Hb	Silvanidae	18	30	28	21
Não Hb	Fg, Cr, Dt, Hb	Tenebrionidae	32	52	76	50
Não Hb	Hb, Dt, Fg	Elateridae	13	9	6	20
Total de não herbívoros			300	210	252	188
Hb	Hb	Chrysomelidae	3	3	3	5
Hb	Hb	Curculionidae	9	9	11	5
Total de herbívoros			12	12	14	10

Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2; Hb: Herbívoros; Não Hb: não herbívoros; Cr: Carnívoros; Dt: Detritívoros; Fg: fungívoros;

Fonte: Marinoni et al. (2001); Marioni (2001); Autorial própria (2022)

A maior abundância de grupos tróficos não herbívoros pode estar relacionada ao hábito alimentar diversificado destas famílias, sugerindo que a rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura e a preservação da estrutura do solo sob SPD proporciona condição mais favorável à colonização por essas famílias (SANTOS *et al.*, 2016), em razão da maior oferta de alimentos e de microclima (HOUSE; PARMELEE, 1985). Sistemas de cultivo com espécies de plantas com crescimento rápido e alta produção de biomassa, servem de refúgio para uma ampla diversidade de organismos do solo, aumentando a disponibilidade de nichos no habitat (PEDRO *et al.*, 2020). Outro fator, também pode estar associado ao método de amostragem, uma vez que armadilhas de queda capturam principalmente carnívoros, fungívoros e detritívoros (MARIONI, 2001).

5.3.3 Análise Multivariada (PERMANOVA) e Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER)

Com relação à composição das famílias da ordem Coleoptera, a análise multivariada PERMANOVA evidenciou que houve diferença estatística significativa nos sistemas para as coletas, entressafra $p = 0,0001$ e safrinha $p = 0.0192$, enquanto na 1º safra não houve diferença estatística para os sistemas $p = 0,2716$ (Tabela 14). Referente ao efeito da

subparcela e da interação entre os sistemas e as subparcelas a análise não revelou diferença estatística em ambos os períodos (Tabela 14). Frente a isso, pode-se inferir que os sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso plantas de cobertura tiveram efeitos semelhantes na distribuição das famílias da Ordem Coleoptera. Resultados semelhantes foram observados por Almeida *et al.* (2016), os quais não relataram diferenças na riqueza faunística entre parcelas com diferentes plantas de cobertura. Pode ainda atribuir-se os resultados ao curto tempo de estabelecimento dos sistemas implementados no ano de 2018 e à semelhança das condições ambientais proporcionadas pelas plantas de cobertura.

Tabela 14 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada aos organismos da fauna edáfica para os sistemas, subparcelas e interação entre os fatores para a coleta de entrassafra, 1° safra e safrinha. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Coleta entrassafra (agosto de 2020)					
Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	2,1602	0,72007	3,2538	0,0001*
Subparcela	5	1,0853	0,21707	0,98087	0,5029
SistemasXSubparcelas	15	2,725	0,18167	0,82089	0,878
Residual	48	10,623	0,2213		
Total	71	16,593			
Coleta 1° safra (dezembro de 2020)					
Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	1,2888	0,4296	1,1722	0,2716
Subparcela	5	1,6444	0,32887	0,89732	0,6309
SistemasXSubparcelas	15	5,5741	0,37161	1,0139	0,4452
Residual	48	17,592	0,3665		
Total	71	26,1			
Coleta safrinha (abril de 2021)					
Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	1,8749	0,62498	1,9162	0,0192*
Subparcela	5	1,1796	0,23593	0,72335	0,8495
SistemasXSubparcelas	15	5,1094	0,34062	1,0444	0,3801
Residual	48	15,656	0,32616		
Total	71	23,819			

Notas: Df: graus e liberdade; SS: soma dos quadrados; MS: média dos quadrados. Valores de p destacados (*) indicam variação significativa para $p < 0,05$.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Ainda com relação à composição da fauna edáfica, a PERMANOVA indicou significância para os fatores, sazonalidade $p = 0,0001$, como também a interação entre sistema e sazonalidade $p = 0,0001$ (Tabela 15), evidenciando variações na distribuição dos organismos ao longo dos períodos amostrais. Este resultado, corrobora com o estudo realizado por Pompeo *et al.* (2016), que ao avaliar a distribuição de famílias de coleópteros em

diferentes sistemas de uso do solo dentre eles lavoura com SPD, verificou que estas foram influenciados pela sazonalidade.

Tabela 15 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações aplicada as famílias de Coleoptera para os sistemas, sazonalidade e interação entre os fatores sistemas e sazonalidade

Variáveis	Df	SS	MS	F	p
Sistemas	3	262,41	87,471	5,5469	0,0001*
Sazonalidade	2	982,06	491,03	31,138	0,0001*
SistemasXSazonalidade	6	432,91	72,151	4,5754	0,0001*
Residual	204	3216,9	15,769		
Total	215	4894,3			

Abreviaturas: Df: graus e liberdade; SS: soma dos quadrados; MS: média dos quadrados. Valores de p destacados (*) indicam variação significativa para $p < 0,05$.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Considerando que não houve efeito das subparcelas e da interação entre sistemas e subparcelas na entressafra e safrinha foi avaliado os famílias da ordem Coleoptera através da PERMANOVA comparando os sistemas par a par (Tabela 16). Com a análise de SIMPER, determinaram-se os grupos da fauna edáfica de maior contribuição para a separação dos sistemas que diferiram na PERMANOVA. Na análise de SIMPER serão apresentados somente os grupos que apresentaram contribuição superior a 8% para a separação dos sistemas.

Tabela 16 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) com base na similaridade de Bray-curtis, com 9999 permutações, entre os sistemas de produção de rotação e sucessão associados a plantas de cobertura

Interação	Entressafra	Safrinha
	----- p – Valor -----	
SS1 – SS2	0,0001*	0,2767
SS1 – SR1	0,3295	0,0053*
SS1 – SR2	0,0004*	0,8525
SS2 – SR1	0,0153*	0,0239*
SS2 – SR2	0,029	0,2305
SR1 – SR2	0,0013*	0,0029*

Valores de p destacados (*) indicam variação significativa para $p < 0,05$.

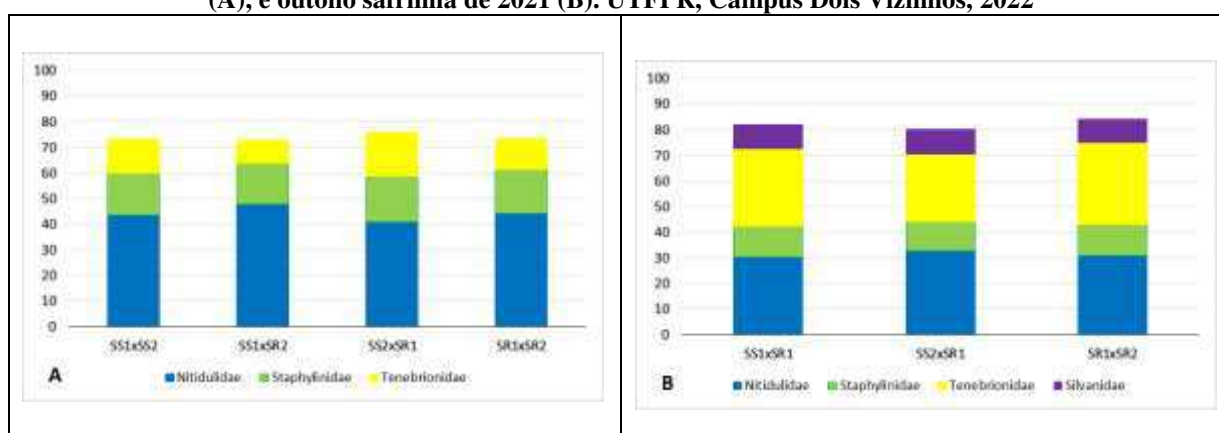
Fonte: Dados da pesquisa (2022)

As comparações indicaram diferenças significativas na entressafra entre os SS1 vs SS2; SS1 vs SR2; SS2 vs SR1 e SR1 vs SR2, enquanto os SS1 vs SR1 e SS2 vs SR2 não diferiram estatisticamente. Para a avaliação de entressafra, as famílias Nitidulidae,

Tenebrionidae e Staphylinidae foram os maiores contribuintes para a diferenciação entre os sistemas (Gráfico 8A).

Na comparação dos sistemas par a par na safrinha as comparações indicaram diferenças significativas entre os sistemas SS1 vs SR1; SS2 vs SR1 e SR1 vs SR2 (Tabela 16). Neste período as famílias que mais contribuíram para a separação dos sistemas foram Nitidulidae, Silvanidae, Staphylinidae e Tenebrionidae (Gráfico 8B).

Gráfico 8 – Contribuição em porcentagem das famílias da Ordem Coleoptera associada a solos em sistemas de produções de rotação e sucessões de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, obtida através da análise SIMPER, para diferenciação dos sistemas, correspondente ao inverno entressafra 2020 (A), e outono safrinha de 2021 (B). UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022



Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2.

Fonte: Autoria própria (2022)

5.3.4 Análise dos Índices Ecológicos

O estudo ao longo das épocas do ano permitiu maior entendimento sobre a relação entre as famílias de Coleoptera e os sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura. Na comparação entre os sistemas durante a entressafra as maiores abundâncias foram encontradas em SS1, SS2 e SR1. Para a diversidade de Shannon neste mesmo período os quatro sistemas não se diferiram estatisticamente, enquanto a dominância de Simpson foi superior em SS1 (Tabela 17). Esta dominância pode ter sido influenciada pela alta frequência de Nitidulidae, superior aos outros sistemas neste período (Gráfico 7A).

A coleta de 1° safra apresentou abundância significativamente igual em todos os sistemas neste período. Já em relação à diversidade de Shannon observa-se que esta foi superior nos SS2, SR1 e SR2. Para a dominância de Simpson, observou-se maior valor no SS1 (Tabela 17), possivelmente influenciada pela alta frequência de Carabidae (Gráfico 7B).

Durante a coleta de safrinha a maior abundância foi encontrada no SR1. Referente a diversidade de Shannon o SS2 apresentou os melhores valores, enquanto a maior dominância foi evidenciada no SR2 (Tabela 17), possivelmente pela alta frequência de Tenebrionidae (Gráfico 7C).

Tabela 17– Abundância média de organismos, riqueza média de grupos taxonômicos, índice de dominância de Simpson (C) e índice de diversidade de Shannon (H') referentes às famílias da orem Coleoptera em sistemas de rotação e sucessão de culturas associada ao uso de plantas de cobertura. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

Abundância média			
Sistemas	Entressafra	1° Safra	Safrinha
SS1	82,3 aA	17,3 aB	14 bB
SS2	40,66 aA	21 aB	16 bB
SR1	67,66 aA	15 aC	39,66 aB
SR2	32 bA	18,66 aB	15 bB
Diversidade de Shannon (H')			
Sistemas	Entressafra	1° Safra	Safrinha
SS1	1,31 aB	1,06 bB	1,54 bA
SS2	1,65 aA	1,83 aA	1,71 aA
SR1	1,34 aA	1,64 aA	1,42 bA
SR2	1,56 aA	1,58 aA	1,17 bA
Dominância de Simpson (C)			
Sistemas	Entressafra	1° Safra	Safrinha
SS1	0,39 aB	0,42 aA	0,27 bB
SS2	0,23 bA	0,18 bA	0,21 bA
SR1	0,35 bA	0,23 bA	0,31 bA
SR2	0,28 bB	0,24 bB	0,41 aA

Notas: SS1: sistema de produção n° 1 sucessão 1; SS2: sistema de produção n° 2 sucessão 2; SR1: sistema de produção n° 3 rotação 1; SR2: sistema de produção n° 4 rotação 2; *Médias com as mesmas letras não são significativamente diferentes, letras maiúsculas e minúsculas indicam que foram realizadas comparações de médias separadas, a letras minúsculas compara na vertical os sistemas e as maiúsculas compara na horizontal os períodos amostrais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Na comparação dos índices ecológicos entre as épocas de coletas observou-se maior abundância na entressafra nos quatro sistemas (Tabela 17). Este resultado pode estar relacionado com a disponibilidade de recursos alimentares e microclima. Em observações a campo, o período apresentou alta quantidade de cobertura vegetal disponibilizada pela aveia e o consorcio de aveia com nabo em comparação a 1° e safrinha que apresentavam cobertura vegetal menos densa promovida pela soja, milho, feijão e das diferentes plantas de cobertura. Além disso, os coleópteros terrestres preferem culturas que cobrem o solo rapidamente (MULLER *et al.*, 2022), ao contrário do observado para as culturas de interesse comercial aqui relatadas. Especialmente em culturas com grande espaçamento entre linhas, como milho, soja e feijão, a cobertura do solo é alcançada mais tardiamente em relação aos povoamentos

de aveia e consórcio de aveia com nabo presentes na safrinha, quando observou-se maior abundância de coleópteros. Este resultado encontra respaldo em Pompeo *et al.* (2020b), os quais verificaram que em diferentes usos do solo, incluindo SPD a abundância de coleópteros edáficos foi influenciada pelo uso e a cobertura do solo.

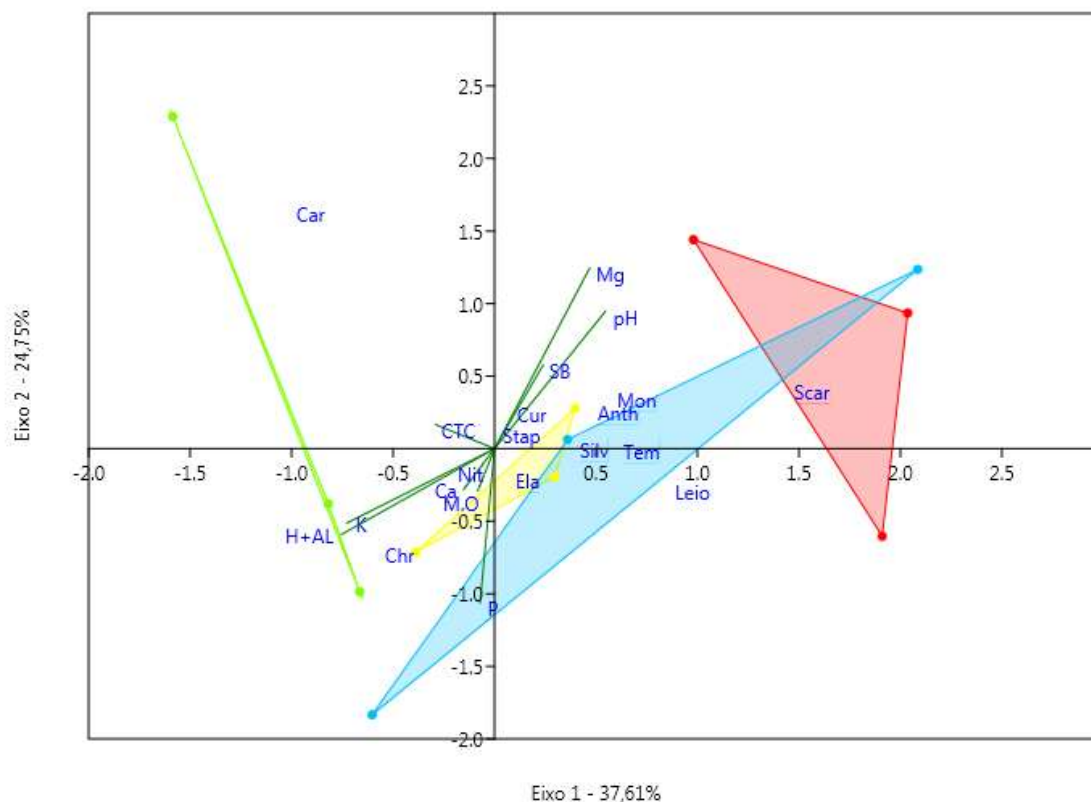
Para a diversidade de Shannon observa-se que somente o SS1 apresentou maior diversidade na safrinha, enquanto SS2, SR1 e SR2 não diferiram estatisticamente entre si, (Tabela 17). Os valores de diversidade de Shannon aqui reportados ficaram próximos aos encontrados em estudos similares. Bernardes *et al.* (2020) ao avaliar famílias de coleópteros em diferentes usos de solos, observaram que em SPD com cultivo de soja e milho em rotação, o valor de Shannon foi de 1,53. Pompeo *et al.* (2020a) em estudo de mesmo viés avaliando usos da terra, incluindo SPD no Oeste de Santa Catarina, encontraram valores de Shannon variando de 1 a 2,1. Neste sentido, Portilho *et al.* (2011) associaram as melhores condições de diversidade de invertebrados do solo a sistemas com rotação de culturas como integração lavoura pecuária e ao SPD, indicando que sistemas conservacionistas favorecem o equilíbrio dinâmico do solo.

Para a dominância de Simpson na comparação entre os períodos amostrais os SS2 e SR1 não diferiram estatisticamente. O SS1 apresentou maior dominância durante a 1ª safra, quando foi verificada alta frequência de Carabidae, enquanto o sistema SR2 apresentou maior dominância na safrinha, possivelmente influenciado pela alta frequência de Tenebrionidae.

5.3.5 Análise de Correlação Canônica (CCA)

A análise de Correlação Canônica (CCA) permitiu compreender a distribuição dos organismos das diferentes famílias de coleópteros em relação às áreas de estudo durante as épocas de coleta e sua relação com os atributos químicos do solo. A análise referente à coleta de entressafra explicou 62,36% da variabilidade dos dados, sendo 37,61% dessa variação explicada pelo eixo 1 enquanto 24,75% foi explicada eixo 2 (Gráfico 9). Os resultados evidenciaram maior correlação da CTC, com a família Carabidae, enquanto as famílias Anthicidae, Curculionidae, Monotomidae e Scarabaeidae apresentaram maior correlação com os elementos Mg, pH e SB. Por sua vez, as famílias Nitidulidae e Chrysomelidae estão mais correlacionadas com Ca, K, MO e H + AL.

Gráfico 9 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente as famílias da Ordem Coleoptera sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao inverno entressafra 2020. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022

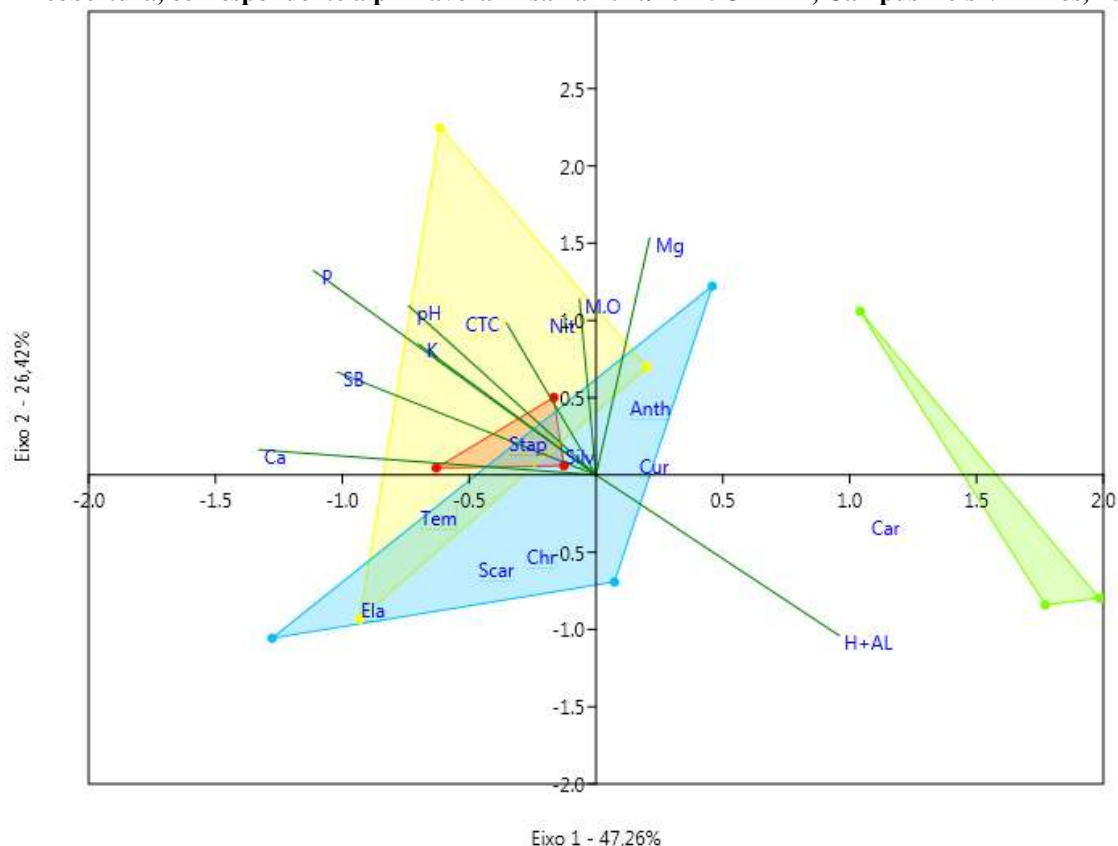


Notas: Sistema de produção n° 1 sucessão 1 (verde); Sistema de produção n° 2 sucessão 2 (vermelho); Sistema de produção n° 3 rotação 1 (amarelo); Sistema de produção n° 4 rotação 2 (azul); Anth: Anthicidae; Car: Carabidae; Chry: Chrysomelidae; Cur: Curculionidae; Ela: Elateridae; Leio: Leiodidae; Mon: Monotomidae; Nit: Nitidulidae; Scar: Scarabaeidae; Silv: Silvanidae; Stap: Staphylinidae; Tem: Tenebrionidae; MO: matéria orgânica; P: fósforo; pH: acidez ativa; K: potássio; H + AL: acidez potencial ou total; Ca: cálcio; Mg; magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions.

Fonte: Aatoria própria (2022)

Durante a avaliação referente a 1º safra, a CCA possibilitou que fosse explicada 73,68% da variação total dos dados, dentre os quais 47,26% foram explicados pelo eixo 1 e 26,42% pelo eixo 2 (Gráfico 10). Observa-se que as famílias Nitidulidae, Silvanidae e Staphylinidae estão correlacionadas com CTC, MO, pH, K, P, SB e Ca, enquanto o Mg apresentou maior correlação com a família Anthicidae. A família Carabidae, por sua vez, apresentou correlação com H + AL neste período.

Gráfico 10 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente as famílias da Ordem Coleoptera sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente a primavera 1º safra 2020/2021. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022



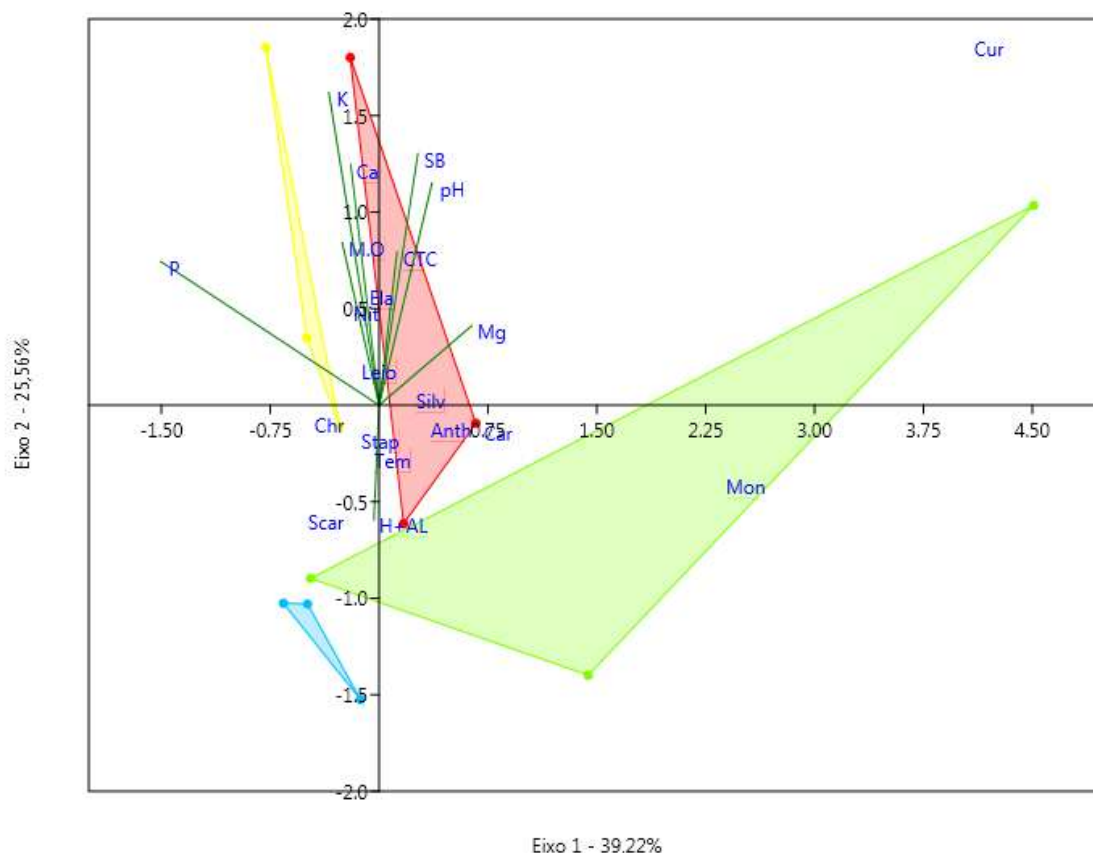
Notas: Sistema de produção n° 1 sucessão 1 (verde); Sistema de produção n° 2 sucessão 2 (vermelho); Sistema de produção n° 3 rotação 1 (amarelo); Sistema de produção n° 4 rotação 2 (azul); Anth: Anthicidae; Car: Carabidae; Chry: Chrysomelidae; Cur: Curculionidae; Ela: Elateridae; Leio: Leiodidae; Mon: Monotomidae; Nit: Nitidulidae; Scar: Scarabaeidae; Silv: Silvanidae; Stap: Staphylinidae; Tem: Tenebrionidae; MO: matéria orgânica; P: fósforo; pH: acidez ativa; K: potássio; H + AL: acidez potencial ou total; Ca: cálcio; Mg; magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions.

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a safrinha, observa-se que a CCA explicou 64,78% da variabilidade total dos dados, sendo o eixo 1 responsável por 39,22% e o eixo 2 responsável por 25,56% da explicação (Gráfico 11). Os elementos MO, P, K e Ca estão correlacionadas com a família Nitiulidae enquanto a família Elateridae apresenta correlação com Mg, CTC, pH, e SB. Por outro lado, as famílias Scarbaeidae, Staphyliniae e Tenebrioniadae apresentaram correlação com H + AL.

Entre os resultados, observa-se que a família Nitidulidae apresentou correlação com Ca, K e MO nos três períodos de coleta.

Gráfico 11 – Representação gráfica da análise de correlação canônica (CCA) referente as famílias da Ordem Coleoptera sob sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura, correspondente ao outono safrinha 2021. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2022



Notas: Sistema de produção n° 1 sucessão 1 (verde); Sistema de produção n° 2 sucessão 2 (vermelho); Sistema de produção n° 3 rotação 1 (amarelo); Sistema de produção n° 4 rotação 2 (azul); Anth: Anthicidae; Car: Carabidae; Chry: Chrysomelidae; Cur: Curculionidae; Ela: Elateridae; Leio: Leiodidae; Mon: Monotomidae; Nit: Nitidulidae; Scar: Scarabaeidae; Silv: Silvanidae; Stap: Staphylinidae; Tem: Tenebrionidae. MO: matéria orgânica; P: fósforo; pH: acidez ativa; K: potássio; H + AL: acidez potencial ou total; Ca: cálcio; Mg; magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions.

Fonte: Autoria própria (2022)

Estudos recentes têm evidenciado a relação dos coleópteros com os atributos químicos do solo. Portilho *et al.* (2011), demonstraram a relação positiva de espécies de coleópteros Staphylinidae, Chrysomelidae e Carabidae com o conteúdo de matéria orgânica do solo, pois geralmente estas famílias estão presentes em ambientes mais conservacionistas, com altos teores de MO. Bernardes *et al.* (2020), avaliaram famílias, subfamílias e gêneros de coleópteros edáficos em sistemas de uso e manejo do solo na região do Cerrado brasileiro, verificando que o pH foi a propriedade química que mais explicou a presença de táxons de coleópteros do solo, demonstrando que alterações nos valores desse atributo refletem a ocorrência e abundância de grupos. Os maiores valores de P e K estão associados a uma melhor fertilidade do solo em áreas agrícolas, e algumas famílias de Coleoptera podem ser

beneficiadas, principalmente aquelas que incluem indivíduos edáficos, ou seja, mais adaptados a viver no solo (POMPEO *et al.*, 2017).

5.4 Conclusão

As famílias de Coleoptera encontradas nos sistemas de sucessão e rotação de cultura associadas ao uso de plantas de cobertura sob SPD foram Anthicidae, Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Elateridae, Leiodidae, Monotomidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Silvanidae, Staphylinidae e Tenebrionidae.

As famílias Nitidulidae, Tenebrionidae, Silvanidae, Staphylinidae, Carabidae, Anthicidae e Elateridae apresentaram maior frequência de indivíduos nos sistemas de rotação e sucessão de cultura ao longo o estudo.

Os sistemas de rotação e sucessão de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura influenciam a diversidade e abundância das famílias. Consequentemente, as diferentes épocas de coletas influenciam a famílias de Coleoptera, principalmente pela distinta oferta de alimento em cada período amostral.

Os atributos químicos do solo apresentam correlação com a distribuição das famílias de coleópteros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresenta elevada contribuição para o conhecimento a respeito da fauna edáfica associada a sistemas de rotação e sucessão de culturas associada ao uso de plantas de cobertura e sua interação com os atributos químicos do solo. Mais estudos com a comunidade da fauna edáfica em sistemas de rotação e sucessão de culturas associados ao uso de plantas de cobertura em áreas de sistemas agrícolas conservacionistas devem ser realizados, principalmente em áreas com sistemas já estabelecidos para que se tenha um melhor entendimento dos efeitos sobre estes organismos que podem predizer aspectos relacionados sobre a melhora ou piora da qualidade do solo.

A identificação de Coleoptera em nível de família permitiu demonstrar o papel de cada grupo trófico na comunidade, identificações mais aprofundadas, em nível de gênero ou mesmo espécie, poderiam trazer informações mais precisas sobre seus comportamentos e ecologia, auxiliando na diferenciação entre os sistemas avaliados. Assim, o monitoramento dos sistemas de sucessão e rotação de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura quando estiverem mais estabelecidos é primordial para o entendimento da comunidade de Coleoptera e novas avaliações deverão ser feitas para confrontar com os resultados iniciais obtidos.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, M. J.; PARWEZ, H. Seasonal diversity of soil microarthropods in two different vegetable plots of Aligarh-India. **Tropical Ecology**, v. 61, n. 3, p. 311-316, 2020.
- AGOSTINHO, P. R.; GOMES, P. R.; GOMES, S. S.; ESCOBAR, M.; SILVA, R. F. Atributos biológicas do solo cultivado com feijoeiro em sucessão a plantas de cobertura, com adição de vinhaça. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1-14, 2014.
- ALMEIDA, D. O.; BAYER, C.; ALMEIDA, E. C. Fauna and microbial attributes of an Ultisol under cover crop systems in the South of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1140-1147, 2016.
- ALMEIDA, H. S.; SILVA, R. F.; GROLLI, R. F.; SCHEID, D. L. Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**. v. 1, n. 1, p. 15-23, 2017.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, M. V.; SANTOS, J. C.; GOIS, D. T.; ALBERTON, J. V.; BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, n. 32, 589-598, 2008.
- ALVES, P. R. L.; NIEMEYER, J. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Seção I: Invertebrados Terrestres como Modelos Experimentais Capítulo 1: O Uso de Invertebrados Não Padronizados na Ecotoxicologia do Solo, em Ecotoxicologia e Genotoxicologia: Modelos Terrestres Não Tradicionais, p. 1-30, 2017.
- ALVES, M. V.; NAIBO, G.; SBRUZZ, E. K.; MACHADO, J. S.; NESI, C. N. Fauna edáfica em diferentes usos do solo. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 1, p. 37-45, 2020.
- ALVES, N. M. **Viabilidade técnica e econômica de sistemas de produção de grãos**. 151 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Solos e Sistemas Integrados de Produção Agropecuária), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.
- AMAZONAS, N. T.; VIANI, R. A. G.; REGO, M. G. A.; CAMARGO, F. F.; FUJIHARA, R. T.; VALSECHI, O. A. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 78, p. 449-456, 2018.
- AMBROSANO, E. J.; GUIRADO, N.; CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R.; MENDES, P. C. D.; ROSSI, F.; FOLTRAN, D. E. Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. **Informações Agronômicas**, v. 112, n. 1, p. 1-16, 2005.

- ANDRIUZZI, W.; PULLEMAN, M.; CLUZEAU, D.; PÉRÈS, G. Comparison of two widely used sampling methods in assessing earthworm community responses to agricultural intensification. **Applied Soil Ecology**, v. 119, p. 145-151, 2017.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M. D.; SILVA, R. F. D. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 407-417, 2006.
- ANTUNES, T. G. S. P.; DE AQUINO, A. M.; DE ASSIS, R. L. Bioeconomia: diversidade e riqueza para o desenvolvimento sustentável: resumos. **Embrapa Amapá-Livro científico (ALICE)**, 2020.
- AQUINO, A. M. Manual para coleta a macrofauna do solo. **Embrapa Agrobiologia. Documentos**, n. 130, Seropédica, p. 24, 2001.
- ARAÚJO, R. A.; BADJI, C. A.; CORRÊA, A. S.; LADEIRA, J. A.; GUEDES, R. N. C. Impacto causado por deltametrina em coleópteros de superfície do solo associados à cultura do milho em sistemas de plantio direto e convencional. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 379-385, 2004.
- ARAÚJO, A. S. F.; MAGALHAES, L. B.; SANTOS, V. M.; NUNES, L. A. P. L.; DIAS, C. T. S. Propriedades biológicas de Cerrado sensu stricto preservado e não preservado do Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 1, p. 16-21, 2017.
- ASSAD, M. L. L. **Fauna do solo**. In: VARGAS, M. A.T.; HUNGRIA, M., (eds.) *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina, EMBRAPA-CPAC. p.363-443, 1997.
- ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; SILVEIRA, A. L. R. D.; OLIVEIRA, J. D. M.; WRUCK, F. J.; MADARI, B. E. Biological Soil Properties in Integrated Crop-Livestock-Forest Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. e0160209, 2017.
- BALIN, N. M.; BIANCHINI, c.; ZIECH, A. G. R.; LUCHESE, A. V.; ALVES, M. V.; CONCEIÇÃO, P. C. Fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo para produção de cucurbitáceas. **Revista Scientia Agrária**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 74-84, 2017.
- BARBIERI, M.; DOSSIN, M. F.; NORA, D. D.; SANTOS, W. B.; BEVILACQUA, C. B.; ANDRADE de N.; BOENI, M.; DEUSCHLE, D.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z.I. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n.1, p. 122-134, 2019.
- BARDGETT, R. D.; PUTTEN, W. H. Biodiversidade subterrânea e funcionamento do ecossistema. **Nature**, n. 515, p. 505-511, 2014.
- BARETTA, D. SANTOS, J. C.P.; MAFRA, Á. L.; WILDNER, I. P.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, p. 97-106, 2003.

BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, L. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006a.

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

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA, FILHO. L. C. I.; ALVES, M. V. **Fauna edáfica e qualidade do solo**. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L. (Org.). In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 119-170, 2011.

BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; FACHINI, I.; ANSELMÍ, R.; ZORTÉA, T.; BARETTA, C. R. D. M. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 871-879, 2014.

BARRETTO, J. W.; CULTID-MEDINA, C. A.; ESCOBAR, F. Abundância anual e estrutura populacional de duas espécies de escaravelhos em uma paisagem modificada pelo homem. **Insetos**, v. 10, n. 2, 2019.

BATISTA, E. R.; ZANCHI, C. S.; FERREIRA, D. A.; SANTIAGO, F. D. A.; PINTO, F. A.; SANTOS, J. D.; CARNEIRO, M. C. Atributos biológicos do solo em sistema integrado de produção agropecuária. **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil. Tubarão, Copiart**, p. 71-90, 2018.

BEDANO, J. C.; DOMÍNUEZ, A.; AROLFO, R.; WALL, L. G. Effect of good agricultural practices under no-till on litter and soil invertebrates in areas with different soil types. **Soil & Tillage Research**, v. 158, p. 100-109, 2016.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. Checklist of the Collembola of the world. **Retrieved**, v. 24, 2020.

BERNARDES, A. C. C.; OLIVEIRA, O. C. C.; SILVA, R. A.; ALBUQUERQUE, P. M. C.; REBÊLO, J. M. M.; VIANA, J. H.; SIQUEIRA, G. M. Abundance and diversity of beetles (Insecta: Coleoptera) in land use and management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 2020.

BENART, L.; ROQUE, C. G.; CAMPOS, C. N. D. A. S.; PRADO, R. D. E. M.; VILELA, R. G.; TEODORO, P. E. Agronomic performance of cotton and soybean cultivated under different cover crops and lime and gypsum doses. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 2, p. 324-331, 2020.

BESSEN, R. M.; RIBEIRO, H. R.; MONTEIRO, R. A. N. T.; IWASAKI, S. G.; PIVA, J. T. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 3, p. 429-439, 2018.

BETTIOL, J. V. T.; PEDRINHO, A.; MERLOTI, L. F.; BOSSOLANI, J. W.; SÁ, M. E. Plantas de Cobertura utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com

leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. **Uniciências**, v. 19, p. 13-10. 2015.

BHERING, L. L. **Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.17, p. 187-190, 2017.

BOSCARDIN, J.; COSTA, E. C.; PAULUS, E.; DO NASCIMENTO MACHADO, D.; PEDRON, L.; DA SILVA, P. G. Crescimento de nogueira-pecã sob diferentes preparos do solo e coveamentos: coleópteros como bioindicadores. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 587-596, 2017.

BRIONES, M. J. I.; SCHMIDT, O. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. **Global change biology**, v. 23, n. 10, p. 4396-4419, 2017.

BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio demandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 253-260, 2016.

BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; GOMES, S. S.; SILVA, R. F.; OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M. Atributos microbiológicos e fauna invertebrada epigeica do solo em cultivo de milho consorciado com leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p.1-12, 2014.

BROWN, J. R.; KEITH, S. **Conservação de ambientes Neotropicais: insetos como indicadores.** In: Collins NM, Thomas JA, editores. A conservação de insetos e seus habitats. Londres: Academic Press; 1991. p. 349-404.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica.** Brasília: Embrapa, Cap. 10, p. 113-145, 2015.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrates.** 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2016. 1104p.

BRUSSAARD, L.; RUITER, P. C.; BROWN, G. G. Soil biodiversity for agricultural sustainability. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 121, n. 3, p. 233-244, 2007.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DE DEYN, G.; DE GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. (2018). Qualidade do solo - Uma revisão crítica. **Biologia e Bioquímica do Solo**, n. 120, p. 105-125, 2018.

CABREIRA, M. A. F. **Levantamento de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos**, 62f, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; DALZUCHIO, M. S.; DA SILVA, W. B.; BASTOS, R.; CABRAL, J. A.; SANTOS, M. Does the composition of Scarabaeidae (Coleoptera) communities reflect the extent of land use changes in the Brazilian Amazon? **Ecological Indicators**, v. 74, p. 285–294, 2017.

CALEGARI, N.; NETO, C. A. O uso adequado das plantas de cobertura e rotação de culturas para o aumento da eficiência do Sistema Plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 13. n. 1, p. 33-39, 2010.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: . **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil – Fundamentos e Prática**. 1. ed. Brasília DF: EMBRAPA, v. 1, cap. 1, p. 507, 2014.

CAMACHO, I. M.; HOSHINO, A. T.; SOARES, R. M. M.; DE OLIVEIRA, L. M.; GIL, L. G.; CAMPOS, L. A.; ANDROCIOLI, H. G. Rotation/Succession Systems Affects Springtails (Hexapoda: Collembola) Abundance in Cash Crops Under No Tillage Cultivation. **Journal of Agricultural Science**, v. 14, n. 1, p. 22-30, 2022.

CÂMARA, R.; SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, C. F.; SILVA, V. F. V.; SILVA, R. M. Effects of natural Atlantic Forest regeneration on soil fauna, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 25, 2017.

CANALLI L. B. S.; BORDIN, I. Rotação de culturas. In: Bertol, O. J.; Colozzi Filho A, Barbosa GMC, Santos JB, Guimarães MF, editores. Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná. Curitiba: NEPAR-SBCS; 2019. pág. 129-32.

CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BIN, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A.; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M.; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, M. P.; NOGUEIRA, M. P. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, p. 274-289, 2013.

CARVALHO, C. J. B. de; RAFAEL, J. A.; COURI, M. S.; SILVA, V. C. Diptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p. 701-743, 2012.

CARVALHO, N. L.; DE BARCELLOS, A. L.; BUBANS, V. E. Ácaros fitófagos em plantas cultivadas e os fatores que interferem em sua dinâmica populacional. **Revista Eletrônica Tecnocientífica de IFSC**, v. 2, n. 7, p. 1-17, 2018.

CASARIL, C. E.; DE OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, J. C. P.; DA ROSA, M. G. Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2019.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema direto: Evolução e recursos sobre a conservação do solo e plantio da água. In: Ceretta CA, Silva LS, Reichert JM, editores. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 5. p. 333-70, 2007.

CHAMORRO-MARTÍNEZ, Y.; TORREGROZA-ESPINOSA, A. C.; PALLARES, M. I. M.; OSÓRIO, D.P.; PATERNINA, A. C.; ECHEVERRÍA-GONZÁLEZ, A. Soil macrofauna, mesofauna and microfauna and their relationship with soil quality in agricultural areas in northern Colombia: ecological implications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.

CHÁVEZ-SUÁREZ, L.; LABRADA-HERNÁNDEZ, Y.; ÁLVAREZ-FONSECA, A. Macrofauna del suelo em ecossistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba. **Pastos y Forrajes**, v.39, n.3, p.111-115, 2016.

CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S. W.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R.; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, p. 615-625, 2015.

CHIRIAC, L. S.; MURARIU, D. Plant - soil fauna interaction - bioindicators of soil properties in agroecosystems. **Scientific Papers. Series A. Agronomy**, v. LXIV, n. 1, p. 2285-5785, 2021.

CHOUHARY, M.; DATTA, A.; JAT, H.S.; YADAV, A.K.; GATHALA, M.K.; SAPKOTA, T.B.; SHARMA, P.C.; JAT, M.L.; SINGH, R.; LADHA, J. K. Changes in soil biology under conservation agriculture based sustainable intensification of cereal systems in Indo-Gangetic Plains. **Geoderma**, v. 313, p. 193-204, 2018.

CROSSLEY, J. R. B.; MUELLER, R.; PERUE, J. C. Bioiversity of microathopods in agricultural soils: Relations to processes. In: PAOLETTI, M. G.; PIMENTEL, D. (Ed). Biotic diversity in aroecosystems. Amsterdam: **Elsevier**, p. 37-46, 1992.

COSTA, A. D.; ARAÚJO, R. A.; DINIZ, B. L. M. T.; SOUSA, S.; COARACY, T. N.; SILVA, W. A. O.; SARAIVA, M. M. T.; SILVA, H. M. F. N. Macrofauna epiedáfica em área de cultivo do noni sob práticas de manejo agroecológicas. **Research, Society and Development**, v.10, n. 1, p. e20610111664, 2021.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, p 46, 2000.

CORREIA, M. E. F. Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas. **Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2002.

CORREIA, M. E. F.; DE SOUZA, R. C.; DOS REIS FERREIRA, C.; DE RESENDE, A. S.; DOS ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Soil fauna changes across Atlantic Forest succession. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 2, p. 162-174, 2018.

CUCHTA, P.; KAŇA, J.; POUSKA, V. 2019. An important role of decomposing wood for soil environment with a reference to communities of springtails (Collembola). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 4, p. 1-12, 2019.

CUNHA, J. A. S.; ANDRADE, E. B.; BARROS, R. F. M. Associação da diversidade de artrópodes com características do solo em diferentes plantios de melancia. **Revista Biociências**, v. 20, p. 22-31, 2014.

CUNHA, J. R.; GUALBERTO, A. V. S.; VOGADO, R. F.; DE SOUZA, H. A.; LEITE, L. F. C. Epigeal invertebrate fauna in monoculture and integrated systems in the cerrado biome Piauí. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e9910413888-e9910413888, 2021.

CUTZ-POOL, L. Q.; PALACIOS-VARGAS, J. G.; CASTAÑO-MENESES, G.; GARCÍA-CALDERÓN, N. E. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, Mexico. **Applied Soil Ecology**, v. 36, n. 1, p. 46-52, 2007.

DAGHIGHI, E.; KOEHLER, H.; KESEL, R.; FILSER, J. Long-term succession of Collembola communities in relation to climate change and vegetation. **Pedobiologia**, Jena, v. 64, p. 25-38, 2017.

DANELUZ, D.; DA SILVA, J. C.; KUBIAK, K. L.; ZARZYCKI, L. F. W.; TESSARO, D. Macrofauna Epiedáfica associada a solos submetidos a diferentes usos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 3867-3880, 2021.

DA ROSA, M. G. D.; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; MAFRA, Á. L.; SOUSA, J. P. F. A. D.; BARETTA, D. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

DA SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; DA SILVA, A. F.; AGNES, E. L. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira 1. **Ceres**, v. 56, n. 4, 2015.

DA SILVA, D. M.; JACQUES, R. J. S.; DA SILVA, D. A. A.; SANTANA, N. A.; VOGELMANN, E.; ECKHARDT, D. P.; ANTONIOLLI, Z. I. Diversidade e atividade da biota do solo na avaliação dos efeitos da aplicação de dejetos de suínos em áreas de pastagem. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1756-1763, 2016.

DA SILVA, R. F.; PORTILHO, I. R.; AQUINO, A. M.; OTSUBO, GALLO, A. S.; GUIMARÃES, M. F. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema plantio direto no Cerrado. **Acta Iguazu, Cascavel**, v.7, n.1, p. 60-74, 2018

DA SILVA, A. V. N. V.; DA SILVA, A. B.; DOS SANTOS, J. E. B.; SALUSTIANO, L. C.; DA SILVA, A. P. L.; ARAUJO, K. D. Mesofauna relacionada com variáveis edafoclimáticas, no Campus AC Simões, da Universidade Federal de Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. e6700-e6700, 2018.

DECAËNS, T. Macroecological patterns in soil communities. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 3, p. 287-302, 2010.

DEMETRIO, W. C.; RIBEIRO, R. H.; NADOLNY, H.; BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G. Earthworms in Brazilian no-tillage agriculture: Current status and future challenges. **European Journal of Soil Science**, v. 71, n. 6, p. 988-1005, 2020.

DERENGOSKI, J. A. **Fauna edáfica bioindicadora em áreas sob tecnologias de restauração florestal no sudoeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil and tillage research**, v. 8, p. 253-263, 1986.

DINARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; DENARDIN, N. D.; WIETHÖLTER, S. Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista. **Passo Fundo: Embrapa Trigo**, v. 15, p. 15, 2012.

DOMÍNGUEZ, A.; JIMÉNEZ, J. J.; ORTÍZA, C. E.; BEDANO, J. C. Soil macrofauna diversity as a key element for building sustainable agriculture in Argentine Pampas. **Acta Oecologica**, v. 92, p. 102-116, 2018.

DUARTE JUNIOR, J.B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, p. 723-732, 2008.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da mata atlântica**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 84p., 2002.

EISENHAUER, N.; BUSCOT, F.; HEINTZ-BUSCHART, A.; JURBURG, S.; KÜSEL, K.; SIKORSKI, J.; VOGEL, H.; GUERRA, C. A. The multidimensionality of soil macroecology. **Global ecology and biogeography**, v. 30, n. 1, p. 4-10, 2021.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª ed., Rio de Janeiro, Embrapa, 1997, 212 p.

EMBRAPA. **Rotação de culturas**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Soja. Circular Técnica 45, 2007.

FARIA, A. **Diversidade da fauna edáfica em sistemas integrados com milho e braquiária**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (Dissertação), Rio Verde. 50 p. 2021.

FEIGL, B. J.; OLIVEIRA, B. G.; FRANCO, A. L. C.; FRAZÃO, L. A. Inter-relação entre manejo e atributos biológicos do solo. In: Bertol, I.; De Maria, I. C.; Souza, I. S. (Ed.). **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.

FIERA, C.; ULRICH, W.; POPESCU, D.; BUCHHOLZ, J.; QUERNER, P.; BUNEA, C. I.; ZALLER, J. G. Tillage intensity and herbicide application influence surfaceactive springtail (Collembola) communities in Romanian vineyards. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 300, p. 107006, 2020a.

- FIERA, C.; ULRICH, W.; POPESCU, D.; BUNEA, C.; MANU, M.; NAE, I.; STAN, M.; MARKÓ, B.; URÁK, I.; GIURGINCA, A.; PENKE, N.; WINTER, S.; KRATSCHEMER, S.; BUCHHOLZ, J.; QUERNER, P.; JOHANN, G. Effects of vineyard inter-row management on the diversity and abundance of plants and surface-dwelling invertebrates in Central Romania. **Journal of insect conservation**, v. 24, n. 1, p. 175-185, 2020b.
- FIORINI, A.; REMELLI, S.; BOSELLI, R.; MANTOVI, P.; ARDENTI, F.; TREVISAN, M.; TABAGLIO, V. Impulsionando o rendimento das culturas, os reservatórios de C orgânico do solo e a biodiversidade do solo com culturas de cobertura de inverno selecionadas sob plantio direto. **Pesquisa de Solo e Cultivo**, v. 217, p. 105283, 2022.
- FERREIRA, B. G. C.; FREITAS, M. L.; MOREIRA, G. C. Custo operacional efetivo de produção de soja em sistema de plantio direto. **Revista iPecege**, v.1, n.1, p.39-50, 2015.
- FERREIRA, C. R.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no-tillage for different periods. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 599-610, 2019.
- FOUNTAIN, M.T.; HARRIS, A. L. Non-target consequences of insecticides used in Apple and pear orchards on *Fornicula auriculata* L. (Dermaptera: Forniculidae). **Biological Control**, v. 91, p. 27-33, 2015.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca** (p. 39). Londrina: Embrapa Soja, 2009.
- FRANCHINI, J. C.; DA COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. **Embrapa Soja**, Londrina, v. 1, n. 327, p. 8-50, 2011.
- FRANCZISKOWSKI, M. A.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; ANSCHAU, K.A.; MOTTIN, M. C. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 6, p. 556-564, 2019.
- FREITAS, A. V. L.; LEAL, I. R.; UEHARA-PRADO, M.; IANNUZZI, L. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. **Biologia da conservação: essências**, v. 1, p. 357-385, 2006.
- FRENCH, B. W.; ELLIOTT, N. C. Temporal and spatial distribution of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in grasslands and adjacent wheat fields. **Pedobiologia**, v. 43, p. 73-84, 1999.
- FROUZ, J. Efeitos da macro e mesofauna do solo na decomposição da serapilheira e estabilização da matéria orgânica do solo. **Geoderma**, n. 332, p. 161-172, 2017.
- FUENTES-LLANILLO, R.; BARTZ, M. L. C.; TELLES, T. S.; ARAÚJO, A. G.; AMADO, T. J. C.; BARTZ, H. A.; CALEGARI, A.; CAPANDEGUY, F.; CUBILLA, M. M.; DABALÁ, L.; DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; GINÉS, M. C.; HERNÁNDEZ-ZAMORA, J.; KASSAM, A.; MORIYA, K.; RALISCH, R.; RAMÍREZ, E.; ROGGERO, D.; SOARES

- JUNIOR, D.; MENDOZA, R. T. Agricultura de conservação na América do Sul. In: Kassam A, editor. Avanços na agricultura de conservação. Volume 3: Adoção e disseminação. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing; 2021. (Série Burleigh Dodds em Ciências Agrícolas, 104).
- GALINDO, V.; GIRALDO, C.; LAVELLE, P.; ARMBRECHT, I.; FONTE, S. J. A. Land use conversion to agriculture impacts biodiversity, erosion control, and key soil properties in an Andean watershed. **Ecosphere**, v. 13, n. 3, p. e3979, 2022.
- GANHO, N. G.; MARINONI, R. C. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas malaise. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 4, p. 737–744, 2003.
- GANHO, N. G.; MARINONI, R. C. A variabilidade espacial das famílias de Coleoptera (Insecta) entre fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Montana (Bioma Araucária) e plantação de *Pinus elliottii* Engelmann, no Parque Ecológico Vivat Floresta, Tijuca do Sul, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1159–1167, 2006.
- GEORGE, P. B.; KEITH, A. M.; CREER, S.; BARRETT, G. L.; LEBRON, I.; EMMETT, B. A.; ROBINSON, D. A.; JONES, D. L. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national level monitoring programme. **Soil Biology and Biochemistry**, v.115, p. 537-546, 2017.
- GIÁCOMO, R. G.; DE SOUZA, R. C.; ALVES, M. C.; PEREIRA, M. G.; DE ARRUDA, O. G.; GONZÁLEZ, A. P. Soil fauna: Bioindicator of soil recovery in Brazilian savannah. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 236-243, 2017.
- GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R.; SILVA, L. S.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R. C. B.; SCHMATZ, R. Copper and zinc forms and accumulation in soil after successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, v. 34, p. 955-965, 2010.
- GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, p.169-177, 2012.
- GÓES, Q. R.; FREITAS, L. R.; LORENTZ, L. H.; VIEIRA, F. C. B.; WEBER, M. A. Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 123-144, 2021.
- GOMES, M. D. S.; GALLO, A. D. S.; MERCANTE, F. M.; BATISTOTE, M.; SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 114, p. 30-37, 2015.
- GUALBERTO, A. V. S.; DA CUNHA, J. R.; VOGADO, R. F.; LEITE, L. F. C.; NUNES, L. A. P. L.; DE SOUZA, H. A. Fauna epígea em sistema de plantio direto, pastagem, eucalipto e cerrado nativo em Uruçuí, Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, p. 1-8, 2021.

GUIMARÃES, N. F.; DE SOUZA GALLO, A.; DA SILVA, V. R.; FONTANETTI, A.; FUJIHARA, R. T.; DE CARVALHO, E. M. Fauna do solo associada a diferentes sistemas de cultivo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e54610212787-e54610212787, 2021.

GUEDES, R. S.; ZANELLA, F. C. V.; GROSSI, P. C. Composição e riqueza de espécies de uma comunidade de Coleoptera (Insecta) na Caatinga. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 109, 2019.

GUERRA, C. A.; HEINTZ-BUSCHART, A.; SIKORSKI, J.; CHATZINOTAS, A.; GUERRERO-RAMÍREZ, N.; CESARZ, S.; EISENHAUER, N. Blind spots in global soil biodiversity and ecosystem function research. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2020.

GUERRA, C. A.; BARDGETT, R. D.; CAON, L.; CROWTHER, T. W.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; MONTANARELLA, L.; NAVARRO, L. M.; ORGIAZZI, A.; SINGH, B. K.; TEDERSOO, L.; VARGAS-ROJAS, R.; BRIONES, M. J. I.; BUSCOT, F.; CAMERON, E. K.; CESARZ, S.; CHATZINOTAS, A.; COWAN, D. A.; DJUKIC, I.; VAN DEN HOOGEN, J.; LEHMANN, A.; MAESTRE, F. T.; MARÍN, C.; REITZ, T.; RILLIG, M. C.; SMITH, L. C.; VRIES, F. T.; WEIGELT, A.; WALL, D. H.; EISENHAUER, N. Tracking, targeting, and conserving soil biodiversity. **Science**, v. 371, n. 6526, p. 239-241, 2021.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. São Paulo, Roca. 479p, 2012.

HAMMER, Ø; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 2001.

HASKEL, M. K. **Atributos físicos do solo conduzido sob escarificação mecânica, biológica e plantio direto: influência na produtividade biológica das culturas**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Solos e Sistemas Integrados de Produção Agropecuária), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2020.

HENDRIX, P.F.; PARMELEE R.W.; CROSSLEY JR, D.A.; COLEMAN, D.C.; ODUM, E.P.; GROFFMAN, P.M. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. **BioScience**, v. 36, p. 374-380, 1986.

HEGER, T. J; IMFELD, G; MITCHELL, E. A. D. Special issue on “Bioindication in soil ecosystems”: Editorial note. **European Journal of Soil Biology**, n. 49, p. 1-4, 2012.

HERNANI, L. C.; MARTINS, A. L. S. Agricultura conservacionista e o sistema de plantio direto. **Revista A Granja**, p. 61-63, 2018.

HOMBURG, K.; DREES, C.; BOUTAUD, E.; NOLTE, D.; SCHUETT, W.; ZUMSTEIN, P.; ASSMANN, T. Where have all the beetles gone? Long-term study reveals carabid species decline in a nature reserve in Northern Germany. **Insect Conservation and Diversity**, v. 12, n. 4, p. 268-277, 2019.

HOUSE, G.J.; PARMELLE, R.W. Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. **Soil and Tillage Research**, v.5, p.351-360, 1985.

HOUSMAN, M.; TALLMAN, S.; JONES, C.; MILLER, P.; ZABINSKI, C. Soil biological response to multi-species cover crops in the Northern Great Plains. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 313, p. 107373, 2021.

IAPAR - Instituto Agronômico Do Paraná. Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná. 2022. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=595>. Acesso em: 24 abr. 2022.

JENSEN, J.; MARTIN, M. L.; AND, J. B. National monitoring study in Denmark finds increased and critical levels of copper and zinc in arable soils fertilized with pig slurry. **Environmental Pollution**, v. 214, p. 334-340, 2016.

JIANG, Y.; MA, N.; CHEN, Z.; XIE, H. Soil macrofauna assemblage composition and functional groups in no-tillage with corn stover mulch agroecosystems in a mollisol area of northeastern China. **Applied Soil Ecology**, v. 128, p. 61-70, 2018.

KITAMURA, A. E.; TAVARES, R. L. M.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; SIQUEIRA, D. S. Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. **Ciência Rural**, v. 50, n. 8, p. 1-8, 2020.

KORASAKI, V.; FERREIRA, R. DE S.; CANEDO-JÚNIOR, E. DE O.; FRANÇA, F.; AUDINO, L.D. **Macrofauna**. In: Toma, M.A., Boas, R.C.V., Moreira, F.M. (Eds.), *Conhecendo a vida do solo*. Editora UFLA, Lavras, p. 1-32, 2017.

KRAFT, E.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; CARNEIRO, M. C.; KLAUBERG-FILHO, O.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Edaphic fauna affects soybean productivity under no-till system. **Scientia Agricola**. v.78, n.2, p. e20190137, 2021.

LANGRAF, V.; PETROVIČOVÁ, K.; SCHLARMANNOVÁ, J.; DAVID, S.; AVTAEVA, T. A.; BRYGADYRENKO, V. V. Assessment of soil quality in agroecosystems based on soil fauna. **Biosystems Diversity**, v. 29, n. 4, p. 319-325, 2021.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. **The biological management of tropical soil fertility**, p. 137-169, 1994.

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J. P. SOM management in the tropics: Why feeding the soil macrofauna?. In: **Managing Organic Matter in Tropical Soils: Scope and Limitations**. Springer, Dordrecht, p. 53-61, 2001.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M. A. A.; SÁ, M. E.; GOMES JÚNIOR, F. G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho

em sistema de plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n. 3, p. 298-307, 2005.

LEE, M. H.; LEE, S.; LESCHEN, R. A. B.; LEE, S. Evolution of feeding habits of sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) and placement of Calonecrinae. **Systematic Entomology**, v. 45, n. 4, p. 911-923, 2020.

LIMA, C. S.; DALZUCHIO, M. S.; SILVA, E. F.; PÉRICO, E. Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.1-13, 2020.

LIMA, S. S. D.; BIASI, D.; FERREIRA, C. D. S.; MATOS, O. S.; ROCHA, L. V.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Epigeal fauna and soil attributes in a cover-cropped organic vegetable system. **Ciência Rural**, v. 51, P. 1-8, 2021.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.175-187, 2004.

LUCERO, E. M.; VIEIRA, R. C. B.; VIEIRA, Â. D. H. N. (2020). Invertebrados edáficos em culturas de verão e inverno no noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 67-74, 2020.

MACCARI, A. P.; CORÁ SEGAT, J.; TESTA, M.; MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; BARETTA, D. The effect of composted and non-composted poultry litter on survival and reproduction of *Folsomia candida*. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 9, p. 99-105, 2020.

MANU, M.; HONCIUC, V.; NEAGOE, A.; BĂNCILA, R.I.; IORDACHE, V.; ONETE, M. Soil mite communities (Acari: Mesostigmata, Oribatida) as bioindicators for environmental conditions from polluted soils. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2019.

MARIA I. C.; BERTOL, I.; DRUGOWICH, M. I. Práticas conservacionistas do solo e da água. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S, editores. Manual de manejo e conservação do solo e da água. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 527-87, 2019.

MARINONI, R. C. Os grupos tróficos em Coleoptera. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 1, p. 205–224, 2001.

MARINONI, R. C.; GANHO, N. G.; MONNÉ, M. L.; MERMUDES, J. R. M. **Hábitos alimentares em coleoptera (insecta)**. Ribeirão Preto: Holos, 2001.

MARINONI, R. C., GANHO, N. G. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil: abundância e riqueza das famílias capturadas através de armadilhas malaise. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 20, p. 727-736, 2003.

MARINONI, R. C.; GANHO, N. G. A diversidade diferencial beta de Coleoptera Insecta em uma paisagem antropizada do Bioma Araucária. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, p. 64–71, 2006.

- MARSDEN, C.; MARTIN-CHAVE, A.; CORTET, J.; HEDDE, M.; CAPOWIEZ, Y. 2019. How agroforestry systems influence soil fauna and their functions-a review. **Plant and Soil**, v. 453, n. 1, p. 29-44, 2020.
- MARTÍNEZ-MERA, E. A.; TORREGROZA-ESPINOSA, A. C.; VALENCIA-GARCÍA, A.; ROJAS-GERÓNIMO, L. Relação entre características físico-químicas do solo e bactérias fixadoras de nitrogênio em solos agrícolas do departamento Atlântico, Colômbia. **Ambiente do solo**. v. 36, p. 174-81, 2017.
- MARTINS, L. F.; PEREIRA, J. M.; TONELLI, M.; BARETTA, D.; Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). **Revista agroambiental**, v. 9, n. 1, 2017.
- MELLO, N. A.; CONCEIÇÃO, P. C. Evolução de sistema de manejo do solo e produtividade agropecuária no estado do Paraná IN: **MARTIN, Thomas N; ZIECH, Magnos F.** Sistemas de Produção Agropecuária, Dois Vizinhos, 2008. 336p.
- MELO, F. V.; BROWN, G. G., CONSTANTINO, R.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. A. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade como bioindicadora. **B. Inf. SBCS**, n. 34, p. 38-40, 2009.
- MELO, L. N.; SOUZA, T. A. F.; SANTOS D. Cover crop farming system affects macroarthropods community diversity in Regosol of Caatinga, Brazil. **Biologia**, v. 74, n. 12, p. 1653-1660, 2019.
- MENDES, M. F.; BLAUTH, M. L.; SANTOS, L. A.; GAIESKY, V. L. S. V.; GOTTSCHALK, M. S. Temporal edge effects structure the assemblages of Drosophilae (Diptera) in a Restinga forest fragment in Southern Brazil. **Biologia Neotropical e Conservação**, v. 16, n. 2, p. 299-315, 2021.
- MENTA, C.; CONTI, F. D.; LOZANO FONDÓN, C.; STAFFILANI, F.; REMELLI, S. Respostas dos artrópodes do solo no agroecossistema: Implicações de diferentes sistemas de manejo e cultivo. **Agronomia**, v. 10, n. 7, p. 982, 2020.
- MILAGRES, R. S.; MACHADO, T. A.; VIEIRA, L. B.; FERNANDES, H. C. Avaliação dos atributos físicos do solo em áreas inclinadas com sistema de plantio direto. **Revista Ciência Agrícola**, v.16, n.3, p.57-63, 2018.
- MONNÉ, M. L.; COSTA, C. **Coleoptera no catálogo taxonômico da fauna do Brasil**. PNUD; 2022. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/223>. Acesso em: 19 jun. 2022.
- MUELLER, K. E.; EISENHAUER, N.; REICH, P. B.; HOBBI, S. E.; CHADWICK, O. A.; CHOROVER, J.; OLEKSYN, J. Light, earthworms, and soil resources as predictors of diversity of 10 soil invertebrate groups across monocultures of 14 tree species. **Elsevier. Fort Collins**, p. 184-198. 2016.
- MÜLLER, P.; NEUHOFF, D.; NABEL, M.; SCHIFFERS, K.; DÖRING, T. F. Tillage effects on ground beetles in temperate climates: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 4, p. 1-20, 2022.

MURILLO, C. F. D.; ADAME, G. J. H.; CABRERA, M. H.; FERNÁNDEZ, V. J. A. Fauna e microflora edáfica associada a diferentes usos de solo. **Ecosistemas y recursos agropecuarios**, v. 6, n. 16, p. 23-33, 2019.

MUZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. **Informações agrônômicas**, v. 10, p. 6-10, 2002.

NISA, R. U.; TANTRAY, A. Y.; KOUSER, N.; ALLIE, K. A.; WANI, S. M.; ALAMRI, S. A.; ALYEMENI, M. N.; WIJAYA, L.; SHAH, A. A. Influência de fatores ecológicos e edáficos na biodiversidade de nematóides do solo. **Saudi journal of biological sciences**, v. 28, n. 5, p. 3049-3059, 2021.

NUNES, M. R.; VAN, H. M.; SCHINDELBECK, R.; RISTOW, A. J.; RYAN, M. No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. **Geoderma**, v. 328, p. 30-43, 2018.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO, A. S. F.; PESSOA, M. M. C.; SOUSA, R. S.; SILVA, J. D. C.; MATOS-FILHO, C. H. A. Edaphic fauna in a vegetation gradient in the Sete Cidades National Park. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 1, p. 45-51, 2019.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6ª ed. São Paulo, Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SCHNEIDER, L. F.; TELES, J. S.; WERTER, S. D.; SANTOS, J. C. P. Fauna edáfica em áreas com diferentes manejos e tempos de descarte de resíduos animais. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 113-123, 2018.

ORGIAZZI, A.; BARDGETT, R. D.; BARRIOS, E.; BEHAN-PELLETIER, V.; BRIONES, M. J. I.; CHOTTE, J. L.; DE DEYN, G. B.; EGGLETON, P.; FIERER, N.; FRASER, T.; HEDLUND, K.; JEFFREY, S.; JOHNSON, N. C.; JONES, A.; KANDELER, E.; KANEKO, N.; LAVELLE, P.; LEMANCEAU, P.; MIKO, L.; WALL, D. H. **Global soil biodiversity atlas**. European Commission, Publications Office of the European Union, 176 p. 2016.

PACHECO, L. P., MIGUEL, A. S. D. C. S., SILVA, R. G. D., SOUZA, E. D. D., PETTER, F. A., KAPPES, C. Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 582-591, 2017.

PAGE, K. L.; DANG, Y. P.; DALAL, R. C.; REEVES, S.; THOMAS, G.; WANG, W.; THOPSON, J. P. Changes in soil water storage with no-tillage and crop residue retention on a Vertisol: Impact on productivity and profitability over a 50 year period. **Soil and Tillage Research**, v. 194, p. 104319, 2019.

PAUL, B. K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T. T.; KOALA, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M. M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 164, p. 14-22, 2013.

PEDRO, L.; PERERA-FERNÁNDEZ, L. G.; LÓPEZ-GALLEGO, E.; PÉREZ-MARCOS, M.; SANCHEZ, J. A. The Effect of Cover Crops on the Biodiversity and Abundance of

Ground-Dwelling Arthropods in a Mediterranean Pear Orchard. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 580, 2020.

PETIT, S.; CORDEAU, S.; CHAUVEL, B.; BOHAN, D.; GUILLEMIN, J.P.; STEINBERG, C. Biodiversity-based options for arable weed management. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 5, p. 1-21, 2018.

PENG, Y.; YANG, W.; YUE, K.; TAN, B.; WU, F. Impacts of soil fauna on nitrogen and phosphorus release during litter decomposition were differently controlled by plant species and ecosystem type. **Journal of forestry research**, v. 30, n. 3, p. 921-930, 2019.

PERDIGÃO, P. C. N.; COSTA, R. N.; MEDEIROS, A. T.; DA SILVA, L. A.; SANTOS, M. D. S. Efeitos de níveis de água e adubação potássica no desenvolvimento do cajueiro anão-precoce, BRS - 189. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 90-94, 2010.

PESSOTTO, M. D. F.; SANTANA, N. A.; JACQUES, R. J. S.; FREIBERG, J. A.; DO NASCIMENTO MACHADO, D.; PIAZZA, E. M.; ANTONIOLLI, Z. I Relação do uso do solo com a diversidade e a atividade da fauna edáfica. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 397-402, 2020.

PEREIRA, J. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N.; BRESCOVIT, A. D.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. D.; SEGAT, J. C.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Soil spiders (Arachnida: Araneae) in native and reforested Araucaria forests. **Scientia Agrícola**, v. 78, n. 3, 2021.

PHILLIPS, H. R.; HEINTZ-BUSCHART, A.; EISENHAUER, N. Putting soil invertebrate diversity on the map, p. 655–657, 2020.

POMPEO, P. N.; DOS SANTOS, M. A. B.; BIASI, J. P.; SIQUEIRA, S. D. F.; DA ROSA, M. G.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Fauna and its relation to edaphic attributes in Lages, Santa Catarina-Brazil, **Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 42-51, 2016.

POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Coleoptera diversity (Arthropoda: Insecta) and soil properties under soil management systems in the highlands of Santa Catarina state, Brazil. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 16-28, 2016.

POMPEO, P.N.; OLIVEIRA FILHO, L.C.I.; SANTOS, M.A.B.; MAFRA, A.L.; KLAUBERG FILHO, O.; BARETTA, D. Morphological diversity of Coleoptera (Arthropoda: Insecta) in agriculture and forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-15, 2017.

POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. D.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, D. Diversidade de coleópteros e propriedades do solo em sistemas de uso da terra. **Floresta e Ambiente**, v. 27, 2020a.

POMPEO, P. N. **Biodiversidade de invertebrados e sua relação com atributos edáficos, usos do solo e composição da paisagem em Santa Catarina**. Tese (doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro e Ciências Agroveterinária, Programa e Pós Graduação em Ciências do Solo, Lages, 2020b.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F. da; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, 2011.

POSSAMAI, E. J., CONCEIÇÃO, P. C., AMADORI, C., BARTZ, M. L. C., RALISCH, R., VICENSI, M., MARX, E. F. Adoption of the no-tillage system in Paraná State: A (re) view. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, p. 549, 1990.

PRADO, B.; STROZZI, A. G.; HUERTA, E.; DUWIG, C.; ZAMORA, O.; DELMAS, P.; MÁRQUEZ, J. 2, 4-D mobility in clay soils: Impact of macrofauna abundance on soil porosity. **Geoderma**, v. 279, p. 87-96, 2016.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R. de; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Halos Editora, 2012.

RAMPIM, L.; POTT, C. A.; VOLANIN, A. J. D.; SPLIETHOFF, J.; CAMILO, E. C.; CAMILO, M. L.; CONRADO, A. M. C.; KOLLING, C. E.; CONRADO, P. M.; NETO, E. G. Influence of mechanical management and green manure on physical attributes of Oxisol. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. 1-17, 2020.

REDIN, M.; CANEPELLE, E.; WRITZL, T. C.; SILVA, D. M. D.; GUERRA, D.; DRESCHER, M. S. Single cultivation versus sweet potato and popcorn intercropping: benefits over edaphic fauna in ecological-based system. **Revista Ceres**, v. 68, p. 484-490, 2021.

RENDOŠ, MICHAL.; MOCK, ANDREJ.; MIKLISOVÁ, DANA. Terrestrial isopods and myriapods in a forested scree slope: subterranean biodiversity, depth gradient and annual dynamics. **Journal of Natural History**, v. 50, n. 33-34, p. 2129-2142, 2016.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P.; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agrônômica**, v.48, n.2, p. 221-230, 2017.

SALOMÃO, P. E. A.; SANTOS, A. A.; MARTINS, A. C. E.; A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Research, Society and Development**, v. 9, n.1, p-154911870, 2020.

SANTOS, D. P.; SANTOS, G. G.; SANTOS, I. L. D.; SCHOSSLER, T. R., NIVA, C. C.; MARCHÃO, R. L. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1466-1475, 2016.

- SANTOS, D. P.; SCHOSSLER, T. R.; SANTOS, I. L.; MELO, N. B.; SANTOS, G. G. Soil macrofauna in a Cerrado/Caatinga ecotone under different crops in Southwestern Piauí State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, 2017.
- SANTOS, M. A. B.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; POMPEO, P. N.; ORTIZ, D. C.; MAFRA, Á. L.; KLAUBERG FILHO, O.; BARETTA, D. Diversidade morfológica de colêmbolos em sistemas de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018
- SANTONJA, M.; FERNANDEZ, C.; PROFFIT, M.; GERS, C.; GAUQUELIN, T.; REITER, I. M.; CRAMER, W.; BALDY, V. Plant litter mixture partly mitigates the negative effects of extended drought on soil biota and litter decomposition in a Mediterranean oak forest. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 3, p. 801-815, 2017.
- SCHEUNEMANN, N.; MARAUN, M.; SCHEU, S.; BUTENSCHOEN, O. The role of shoot residues vs. crop species for soil arthropod diversity and abundance of arable systems. **Soil Biology & Biochemistry**, v.81, p.81-88, 2015.
- SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Efeito do cultivo de plantas de cobertura sobre a fauna edáfica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 4, p. 310-318, 2016.
- SEMENYUK, I. I.; TUINOV, A. V. Foraging behaviour as a mechanism for trophic niche separation in a millipede community of southern Vietnam. **European Journal of Soil Biology**, v. 90, p. 36-43, 2019.
- SHUKLA, P.R.; SKEA, J.; CALVO BUENDÍA, E.; MASSON-DELMOTTE, V.; PÖRTNER, H.O.; ROBERTS, D.C.; ZHAI, P.; SLADE, R.; CONNORS, S.; VAN DIEMEN, R. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 2019.
- SIEBERT, J.; EISENHAUER, N.; POLL, C.; MARHAN, S.; BONKOWSKI, M.; HINES, J.; KOLLER, R.; RUESS, L.; THAKUR, M. P. Earthworms modulate the effects of climate warming on the taxon richness of soil meso-and macrofauna in na agricultural system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 278, p.72-80, 2019.
- SILVA, R. F. D.; GUIMARÃES, M. D. F.; AQUINO, A. M. D.; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1277-1283, 2011.
- SILVA, A. C.; NÓBREGA, C.; ARAÚJO, L. H.; PINTO, M. G.; SANTANA, J. A. Macrofauna edáfica em três diferentes usos do solo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v.10, n.18. p. 2131. 2014.
- SILVA, D. A.; SANTI, A. L.; SANTOS, M.; BELLO, R. A.; MARTINI, R. Uso de índice de vegetação na estimativa da produção de biomassa de plantas de coberturas do solo. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 11, n. 22, 2015.

SILVA, C. D.; PERERA, M. J.; ORTIZ, C. D.; FILHO, O. I. C. L.; PINTO, A. V. L. Fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo em fragmentos florestais e área sob cultivo do cafeeiro. **Brazilian Journal of Develop**, Curitiba, v. 6, n. 3, p.14795-14816, 2020.

SILVA, L. I.; CAMPOS, M. C. C.; WADT, P. G. S.; CUNHA, J. M.; OLIVEIRA, I. A.; FREITAS, L.; SANTOS, E. A. N.; BRITO FILHO, E. G. de. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob diferentes manejos e métodos. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo, v. 40, p. 40-48, 2020.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FRASCA, L. L. M.; REZENDE, C. C.; FILIPPI, M. C. C.; LANA, A. C.; FERREIRA, E. P. B.; LACERDA, M. C. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 12, p. e11101220008-e11101220008, 2021.

SILVA, M. O.; SANTOS, M. P.; SOUSA, A. C. P.; SILVA, R. L. V.; MOURA, I. A. A.; SILVA, R. S.; COSTA, K. D. S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875, 2021.

SOARES, C. E. S.; MAIORKA, A.; DAHLKE, F.; SCUSSEL, V. M. Scanning electron microscopy of macrofauna isolated from poultry litter: No pesticide treated. **Scanning Electron Microscopy**, v.9, n.9, 2019.

SOARES, E. F. **Interação entre fontes nitrogenadas e plantas de cobertura de outono/inverno: impacto no desempenho agrônomico de trigo e na diversidade da fauna edáfica**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). 75 p, 2022.

SODRÉ FILHO, J.; CAROSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. D. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

SOTHERTON, N.W. The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. **Annals of Applied Biology**, v.105, n.3, p.423-429, 1984.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R. **Adubação verde e rotação de culturas**. Caderno Didático 2ª Reimpressão, Viçosa. UFV. p. 72, 2002.

SOUZA, S. T.; CASSOL, P. C.; BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; KLAUBERG, FILHO. O.; MAFRA, A. L.; ROSA, M. G.; Abundance and diversity of soil macrofauna in native forest, eucalyptus plantations, perennial pasture, integrated crop-livestock, and no-tillage cropping. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 2016.

SOUZA, T. A. F.; FREITAS, H. Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in the Brazilian tropical seasonal dry forest. **Ecological Processes**, v. 6, n. 2, p. 2-10, 2017.

STÖCKER, C. M; MONTEIRO, A. B; BAMBERG, A. L; CARDOSO, J. H; MORSELLI, T. B. G. A; LIMA, A. C. R. Bioindicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 848-859, 2017.

SWIFT, M. J.; HEAL, OLIVER. W.; ANDERSON, J. M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford, Blackwell, p. 372, 1979.

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. D. S.; HUISING, J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Editora da UFLA, p. 23-41, 2010.

TAVARES, C. F.; SILVA, M. G.; PEREIRA, E. M. R.; DA SILVA. Composição da comunidade da fauna do solo e estoque de serapilheira em sistemas agroflorestais e silvicultura secundária. **Biosci**, v. 36, p. 1377-1389, 2020.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**, Porto Alegre: Ufrgs, v. 5, p. 174, 1995.

TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J.; LOURENÇO, M. A. P.; BARBOSA, G. M. C. Notillage system participatory quality index. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.24, n.2, p.128-133, 2020.

TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; CASTALDELLI, A. P. A. Wastewater use in agriculture and potential effects on meso and macrofauna soil. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 6, p. 976- 983, 2016.

TIECHER, T. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. 2016.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. 7. edição. São Paulo: Editora Cengage Learning; 2011.

TSIAFOULI, M. A.; THÉBAULT, E.; SGARDELIS, S. P.; DE RUITER, P. C.; VAN DER PUTTEN, W. H.; BIRKHOFFER, K.; HEDLUND, K. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. **Global change biology**, v. 21, n. 2, p. 973-985, 2015.

TAUSAN, I.; DAUBER, J.; TRICA, M. R.; MARKO, B. Succession in ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in deciduous forest clearcuts –an Eastern European case study. **European Journal of Entomology**, v. 114, p. 92-100, 2018.

VERMA, D.; YADAV, R. K.; KUMAR, M. Effect of ecological factors on population density of collembolan in agra. **Journal of Environmental and Applied Bioresearch**, v. 2, n. 1, p. 25-28, 2014.

VIANA, E.; CEZIMBRA, J. C. G.; SILVA, D. M. D.; SILVA, D. A. A. D.; RAMIRES, M. F.; BOHRER, R. E. G.; BISOGNIN, R. P.; GUERRA, D.; LANZANOVA, M. E.; REDIN, M.; SOUZA, E. L. D. Diversidade da fauna edáfica em solos com diferentes sistemas de manejos no norte do Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development**, v. 11, n.5, p. 01-11, 2022.

VILLAGOMEZ, F.; PALACIOS-VARGAS, J. G.; CASTANO-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**, v. 17, p. 14621-14639, 2019.

WALL, D. H.; NIELSEN, O. N. U.; SIX, J. Soil biodiversity and human health. **Nature**, v. 528, n. 7580, p. 69-76, 2015.

WANG, S.; CHEN, H. Y. H.; TAN, Y.; FAN, H.; RUAN, H. Fertilizer regime impacts on abundance and diversity of soil fauna across a poplar plantation chronosequence in coastal Eastern China. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.

WANG, C.; ZHOU, X, GUO. D.; ZHAO, J.; YAN, L.; FENG, G.; GAO, Q.; YU, H.; ZHAO, L. Soil pH is the primary factor driving the distribution and function of microorganisms in farmland soils in northeastern China. **Annals of Microbiology**, v. 69, n. 13, p. 1461-1473, 2019.

WU, P.; WANG, C. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. **Geoderma**, v. 337, p. 266-272, 2019.

WURST, S.; SONNEMANN, I.; ZALLER, J. G. Soil macro-invertebrates: their impact on plants and associated aboveground communities in temperate regions. In: **Aboveground–Belowground community ecology**. Springer, Cham, p. 175-200, 2018.

ZAGATTO, M. R. G.; NIVA, C. C.; TH OMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SANTOS, A.; NADOLNY, H.; CARDOSO, G. B. X; BROWN G. G. Soil invertebrates in different land-use systems: How integrated production systems and seasonality affect soil mesofauna communities. **Journal of Agricultural Science and Technology** v. 7, n. 3, p. 158–169, 2017.

ZHANG, Y.; PENG, S.; CHEN, X.; CHEN, H. Y. Plant diversity increases the abundance and diversity of soil fauna: A meta-analysis. **Geoderma**, v. 411, p. 115694, 2022.