

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**INARA DE SOUZA STOCKMANN**

**COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS AGRÍCOLAS  
CULTIVADAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO COM E SEM TERRACEAMENTO**

**DOIS VIZINHOS**

**2023**

**INARA DE SOUZA STOCKMANN**

**COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS AGRÍCOLAS  
CULTIVADAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO COM E SEM TERRACEAMENTO**

**Composition and diversity of edaphic fauna in agricultural areas cultivated in  
no-till system with and without terracement**

Trabalho de conclusão de curso de Dissertação  
apresentada como requisito para obtenção do título  
de Mestre em Agroecossistemas da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Dra. Dinéia Tessaro

Coorientador: Dr. Lucas da Silva Domingues

**DOIS VIZINHOS**

**2023**



[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.



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Campus Dois Vizinhos**



INARA DE SOUZA STOCKMANN

**COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS AGRÍCOLAS CULTIVADAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO COM E SEM TERRACEAMENTO**

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: 30 de Novembro de 2023

Dra. Dineia Tessaro, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Mauricio Vicente Alves, Doutorado - Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc)

Dr. Paulo Cesar Conceicao, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 01/12/2023.

## **AGRADECIMENTOS**

Estes parágrafos remetem algumas pessoas especiais que fizeram parte dessa importante fase de minha vida.

Gostaria de deixar registrado, o meu reconhecimento e agradecimento à minha família, Silvana de Souza Stockmann, Laudir Roque Stockmann e ao meu namorado André Luiz Hofer, sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

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

Agradeço ao meu coorientador Professor Doutor Lucas da Silva Domingues pela contribuição na execução e desenvolvimento desse trabalho e nas análises estatísticas.

Aos colegas que passaram durante as disciplinas e contribuíram com o aprendizado, bem como a todos os mestres que fizeram com que essa etapa fosse de grande valia de formação e aprendizado.

A Fundação Araucária, SETI/PR e SENAR/PR pelo financiamento da pesquisa através da chamada pública 01/2017 (Convênio 074/2017).

A CAPES, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Biologia do Solo (GPBIOS) da UTFPR-DV, pela colaboração na realização das atividades nos experimentos e parceria durante os anos, especialmente, aos colegas Jéssica Camile da Silva, Luis Felipe Wille Zarzycki, Erivelto Folhato Tolfo, Elizabete Artus Berté, Nicole Gelinski de Sousa, João Vitor Yamanaka Bonatto e Ketrin Lorhaine Kubiak.

A secretaria do Curso, pela cooperação bem como, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos que preza pelo ensino de qualidade e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas que possibilitou a realização do mestrado.

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

## RESUMO

Os sistemas de manejo conservacionistas de solo podem promover alterações benéficas sobre a fauna edáfica, apontada como indicadora da qualidade do solo, e provedor de uma gama de serviços ambientais capazes de contribuir para a melhoria e manutenção da qualidade do solo. Com o objetivo de investigar a fauna edáfica e sua relação com os agroecossistemas, este estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão cienciométrica e por um experimento de campo, conduzido em solos submetidos ao Sistema Plantio Direto com e sem terraceamento ao longo de 4 anos e remanescente florestal de mata nativa. A cienciométrica foi desenvolvida seguindo as diretrizes do PRISMA e os dados utilizados foram obtidos através da plataforma Web of Science com retorno de 1.861 registros no período entre 1949 e 2022, os quais foram analisados no software CiteSpace. Os resultados demonstram aumento gradativo e expressivo de publicações/citações sobre o tema nos últimos dez anos. O Brasil e a China destacam-se em número de publicações, enquanto EUA, Alemanha e França apresentam maior influência. A tendência de estudos e as principais palavras-chave, como decomposição e ciclagem de nutrientes, estão correlacionadas a funcionalidade desses organismos. Outra evidência da relação entre os organismos edáficos e o solo está na classificação das áreas temáticas associadas a estas pesquisas, pautada principalmente na Ciência do Solo. No experimento de campo, a fauna edáfica foi avaliada anualmente através de armadilhas *Pitfall-Traps* em cada área. Após sete dias, as armadilhas foram removidas e os indivíduos amostrados classificados ao nível de grandes grupos taxonômicos e ao nível de família para a ordem Coleoptera. Os grupos Collembola, Acari, Formicidae, Coleoptera e Araneae foram os mais frequentes nas áreas agrícolas. A abundância média do grupo Coleoptera foi distinta na área de plantio direto com terraço no ano de 2021, enquanto a ordem Collembola foi mais abundante na área sem terraço nos anos de 2019 e 2021 e Acari em 2021 e 2022. Verificou-se maior riqueza de organismos para ambas as áreas no ano de 2021, com maior equitabilidade na área de plantio direto com terraço. Os coleópteros apresentaram diferença da mata nativa em relação às áreas de plantio, as quais não diferiram entre si. Como família indicadora, na área de mata nativa, destacam-se as famílias Scarabaeidae e Staphylinidae, sem que houvesse famílias com percentual indicador maior que 70% nas áreas de plantio. Desta forma, conclui-se que os estudos voltados à fauna do solo em diferentes agroecossistemas vêm evoluindo ao longo dos últimos anos, especialmente na última década, enquanto o experimento de campo indica que a fauna edáfica é influenciada positivamente pelo Sistema Plantio Direto, contudo apenas alguns grupos são positivamente afetados pelo controle mecânico de erosão. A abundância de coleópteros é maior na área de referência, porém com maior riqueza e diversidade nas áreas agrícolas com e sem controle mecânico de erosão.

**Palavras-chave:** Cienciométrica; Invertebrados edáficos; Agricultura; Coleópteros.

## ABSTRACT

Conservationist soil management systems can promote beneficial changes to soil fauna, seen as an indicator of soil quality, and provider of a wide range of environmental services capable of contributing to the improvement and maintenance of soil quality. With the aim of investigating soil fauna and its relationship with agroecosystems, this study was developed through a scientometric review and a field experiment, conducted on soils subjected to the Direct Planting System with and without terracing over 4 years and forest remnant of native forest. Scientometrics was developed following PRISMA guidelines and the data used was obtained through the Web of Science platform with a return of 1,861 records in the period between 1949 and 2022, which were analyzed using the CiteSpace software. The results demonstrate a gradual and significant increase in publications/citations on the topic over the last ten years. Brazil and China stand out in terms of number of publications, while the USA, Germany and France have greater influence. The trend of studies and the main keywords, such as decomposition and nutrient cycling, are correlated with the functionality of these organisms. Another evidence of the relationship between soil organisms and the soil is the classification of thematic areas associated with this research, based mainly on Soil Science. In the field experiment, soil fauna was assessed annually using Pitfall-Traps in each area. After seven days, the traps were removed and the sampled individuals were classified at the level of major taxonomic groups and at the family level for the order Coleoptera. The groups Collembola, Acari, Formicidae, Coleoptera and Araneae were the most frequent in agricultural areas. The average abundance of the Coleoptera group was different in the direct planting area with terrace in 2021, while the order Collembola was more abundant in the area without terrace in 2019 and 2021 and Acari in 2021 and 2022. There was greater richness of organisms for both areas in 2021, with greater equality in the direct planting area with terrace. Coleoptera differed from the native forest in relation to the planting areas, which did not differ from each other. As an indicator family, in the native forest area, the families Scarabaeidae and Staphylinidae stand out, with no families with an indicator percentage greater than 70% in the planting areas. Thus, it is concluded that studies focused on soil fauna in different agroecosystems have been evolving over the last few years, especially in the last decade, while the field experiment indicates that soil fauna is positively influenced by the direct planting system, however only a few groups are positively affected by mechanical erosion control. The abundance of coleoptera is greater in the reference area, but with greater richness and diversity in agricultural areas with and without mechanical erosion control.

**Keywords:** Scientometrics; Edaphic invertebrates; Agriculture; Coleoptera.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Definição por tamanho de organismos.....	22
Figura 02 - Flowchar do prisma, mostrando o fluxo de obtenção dos dados para inclusão na cienciométrica.....	28
Figura 03 - Relatório de citação e publicações extraídas do WoS através dos artigos considerados na revisão bibliográfica.....	29
Figura 04 - Agrupamento das palavras-chave associadas a fauna edáfica em diferente usos e manejos de solo em agroecossistemas com nós na cor amarela representando as de maior peso e Burst na cor vermelha.....	31
Figura 05 - Palavras-chave que apresentaram as maiores explosões de citação no período de estudo.....	33
Figura 06 - Rede de ocorrência dos países com o maior número de contribuição nas pesquisas e centralidade.....	34
Figura 07 - Redes de cooperação de países e instituições que mais contribuem com publicações ligadas a fauna do solo em diferentes usos e manejos do solo em agroecossistemas.....	3
Figura 08 - Autores e clusters de linha de pesquisa.....	38
Figura 09 - Precipitação anual acumulada em milímetros no período de 2019 a 2022 nas áreas de estudo localizadas no município de Dois Vizinhos – Paraná.....	47
Figura 10 - A - Vista aérea da área de lavoura conduzida em Sistema Plantio Direto com e sem terraceamento. B - Grid amostral para coleta da fauna edáfica utilizando armadilhas Pitfall Traps.....	48
Figura 11 - A - Armadilha Pitfall Traps instalada na área experimental. B - Limpeza das amostras para armazenamento. C - Classificação taxonômica da fauna edáfica em grandes grupos.....	49
Figura 12 - Frequência relativa de grupos taxonômicos encontrados em áreas de plantio direto com e sem terraceamento.....	51
Figura 13 - Relação entre os componentes principais 1 e 2 que explicam os grupos de fauna edáfica associados às áreas de plantio direto com e sem terraceamento. A: 2019; B: 2020; C: 2021; D: 2022; 1–4 são PDS e 5–8 são PDC. Dim1: Componente principal 1; Dim2: Componente principal 2.....	60
Figura 14 - Frequência relativa de famílias de coleópteros encontrados em áreas de plantio direto com e sem terraceamento e área de floresta nativa.....	67
Figura 15 - Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata nativa no ano de 2019. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023.....	72

Figura 16 - Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata native no ano de 2020. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023.....	74
Figura 17- Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata native no ano de 2021. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023.....	75
Figura 18 - Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata native no ano de 2022. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023.....	76
Figura 19 - Relação entre os componentes principais 1 e 2 que explicam as famílias de Coleopteros associados às áreas de plantio direto com e sem terraceamento. A: 2019; B: 2020; C: 2021; D: 2022; Plantio direto sem terraço (PDS); Plantio direto com terraço (PDC); Mata native (RF); Dim1: Componente principal 1; Dim2: Componente principal 2.....	77



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dez principais áreas de estudos em relação ao número e percentual de publicações, extraídas do WoS através dos artigos considerados na revisão bibliográfica.....	29
Tabela 2 - Os dez principais autores em relação ao número e percentual de publicações, extraídos do WoS através dos artigos considerados na revisão bibliográfica.....	37
Tabela 3 - Os dez principais periódicos em número e percentual de publicações, extraídos do WoS através dos registros incluídos na revisão sistemática.....	39
Tabela 4 - As 10 principais citações com base na média de citação anual, inseridas na temática da relação da fauna edáfica e os manejos do solo em agroecossistemas.....	40
Tabela 5 - Clusters, membros e valores de silhueta.....	41
Tabela 6 - Abundância média de organismos edáficos por grupo taxonômico associados a áreas de plantio direto com e sem terraceamento.....	54
Tabela 7 - Riqueza de grupos taxonômicos, abundância total, índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) para a fauna edáfica em áreas de plantio direto com e sem terraceamento.....	58
Tabela 8 - Famílias e número de indivíduos da Ordem Coleoptera amostradas em áreas de plantio direto com e sem terraceamento e mata native.....	66
Tabela 9 - Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) aplicada a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata nativa. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023.....	69
Tabela 10 - Riqueza de grupos taxonômicos, abundância total, índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) e riqueza de Margalef para famílias de coleópteros em áreas de plantio direto com e sem terraceamento e mata nativa.....	70

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

SPD Sistema de Plantio Direto

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

PDC Plantio Direto com Terraço

PDS Plantio Direto sem Terraço

MN Mata Nativa

PERMANOVA Análise de Variância Multivariada Permutacional

UTFPR-DV Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos

PCA Análise de Componentes Principais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
3.1 O solo na agricultura.....	16
3.2 Erosão do solo e terraceamento .....	17
3.3 Sistema de plantio direto .....	18
3.4 Fauna edáfica.....	20
3.5 Papel da fauna do solo em áreas agrícolas .....	22
<b>4 FAUNA EDÁFICA E DIFERENTES USOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS: UMA CIENCIOMETRIA .....</b>	<b>25</b>
4.1 Introdução .....	25
4.2 Material e Métodos .....	26
4.2.1 Método da pesquisa.....	26
4.2.2 Inclusão e triagem dos registros.....	26
4.2.3 Extração dos dados.....	27
4.2.4 Delineamento e análises.....	27
4.3 Resultados e discussão.....	28
4.4 Conclusão.....	44
<b>5 FAUNA EDÁFICA ASSOCIADA A ÁREAS CULTIVADAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COM E SEM TERRACEAMENTO.....</b>	<b>45</b>
5.1 Introdução.....	45
5.2 Material e Métodos.....	47
5.2.1 Descrição da área de estudo e delineamento experimental.....	47
5.2.2 Coleta e Classificação da fauna edáfica.....	49
5.2.3 Análise de Dados.....	50
5.3 Resultados e discussão.....	50
5.4 Conclusão.....	61
<b>6 COMUNIDADE DE COLEÓPTEROS EDÁFICOS ASSOCIADA A FRAGMENTO FLORESTAL E ÁREAS CULTIVADAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COM E SEM CONTROLE MECÂNICO DE EROÇÃO .....</b>	<b>62</b>
6.1 Introdução.....	62
6.2 Material e Métodos.....	63
6.2.1 Descrição da área de estudo e delineamento experimental.....	63

6.2.2 Coleta e classificação dos coleópteros.....	64
6.2.3 Análise dos dados.....	65
<b>6.3 Resultados e discussão.....</b>	<b>65</b>
<b>6.4 Conclusão.....</b>	<b>79</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo representa um dos compartimentos ambientais mais importantes, caracterizado como um sistema biológico dinâmico, consequência da elevada biodiversidade de organismos que o habita, reconhecido como um grande reservatório, que abriga mais de um quarto da biodiversidade global (ORGIAZZI *et al.*, 2016; BACH *et al.*, 2020). Estes organismos desempenham diversas funções que contribuem para a manutenção desse meio (CARDOSO *et al.*, 2016), destacando-se a relevância dos invertebrados do solo, que juntos, compõem a fauna edáfica (FREITAS *et al.*, 2021).

A fauna edáfica atua em sinergismo com a microbiota do solo e contribui para a decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, o que beneficia o ambiente e a produção agrícola, pois favorece a aeração e a, infiltração de água, bem como, o funcionamento biológico do solo (PEREIRA *et al.*, 2020). Esta íntima relação com diversos processos, lhe atribui a capacidade de atuar como bioindicadora da qualidade do solo frente suas respostas no meio em que estão inseridos (FREITAS *et al.*, 2021). Neste contexto, a aplicação desta potencialidade tem ganhado espaço em diferentes contextos ambientais, incluindo os sistemas agrícolas, afetados pelo manejo (FREITAS *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2020; BARETTA *et al.*, 2011).

Os manejos do solo estão atrelados, atualmente, a impactos ocasionados sobre este recurso (PASCHOAL *et al.*, 2020), evidenciando a necessidade da adoção de práticas sustentáveis. Nesse cenário, o Sistema Plantio Direto (SPD), base da agricultura conservacionista e da sustentabilidade agrícola (BLANCO-CANQUI *et al.*, 2020), apresenta-se como uma alternativa viável e efetiva para este fim.

A adoção de práticas de manejo vegetativas e mecânicas, como o SPD e os terraços, implantados com a finalidade de reter e reduzir a velocidade da água de escoamento superficial auxilia na infiltração de água e conseqüentemente, protegem o solo contra os processos erosivos (BACK *et al.*, 2021). Juntos, o controle mecânico de erosão e o SPD, que favorece a formação de agregados maiores e mais estáveis, representam uma forma eficiente de controle desse processo em áreas de cultivo agrícolas (LOPES *et al.*, 2021; ALMEIDA *et al.*, 2016a).

Esses manejos associados podem influenciar o desenvolvimento e comportamento dos invertebrados de solo, pois contribuem para melhor estruturação e redução das perdas de solo, além de garantir maior disponibilidade de cobertura vegetal ao sistema, que garante a proteção do solo, abrigo e alimento para a fauna edáfica (NOVAK *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2022).

Neste cenário, muitos trabalhos são desenvolvidos de forma isolada no que tange os aspectos do SPD sobre a fauna edáfica (ROSA *et al.*, 2015; ALMEIDA *et al.*, 2016b; SILVA *et al.*, 2022; CAVALLET *et al.*, 2022; PERON *et al.*, 2023) e seu papel no controle dos processos erosivos (ALMEIDA *et al.*, 2016a; BACK *et al.*, 2021). No entanto, são incipientes os estudos que abordem de forma simultânea a adoção do SPD associado ao terraceamento mecânico e seu efeito combinado sobre a comunidade da fauna edáfica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar e monitorar o componente biológico do solo representado pela fauna edáfica, buscando verificar as respostas deste parâmetro ao longo de quatro anos em solos agrícola submetidos ao Sistema Plantio Direto, com e sem terraceamento e em área de referência representada por um fragmento de floresta nativa.

### **2.2 Objetivos específicos**

Classificar a fauna edáfica de solos submetidos ao sistema de plantio direto com e sem controle mecânico de erosão, em grandes grupos e verificar a composição dos organismos presentes em cada local;

Classificar ao nível de família, os organismos pertencentes a ordem Coleoptera encontrados em solos submetidos ao Sistema Plantio Direto com e sem controle mecânico de erosão e área de referência, e comparar sua composição entre as áreas buscando avaliar os efeitos do manejo sobre esse grupo;

Avaliar a evolução espaço-temporal das publicações de trabalhos que abordam a relação da fauna edáfica, com os manejos e usos do solo em agroecossistemas, com base na análise cienciométrica desenvolvida a partir dos artigos disponíveis no banco de dados Web of Sciece.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O solo na agricultura

Baseado nos dados publicados pelo IPARDES no ano de 2020, o Paraná destaca-se na economia nacional, caracterizada por um perfil agroindustrial, com ênfase na produção de grãos, como soja, milho, trigo, entre outros. Com regiões de destaque como o oeste e o sudoeste do estado, na conservação do solo e da água e na adoção do plantio direto.

O solo é o produto da transformação de substâncias minerais e orgânicas, resultado de um longo período de influências, reconhecido como substrato natural para uma vasta gama da biodiversidade global (SILVA, 2021a), além de ser a base para a produção agrícola (COELHO *et al.*, 2018; CARDOSO *et al.*, 2016). Caracteriza-se ainda como um recurso que garante o crescimento das plantas, regula e participa no fluxo de água no ambiente, e funciona como um tampão ambiental, para formação, atenuação e degradação de compostos naturais (SILVA *et al.*, 2019). De modo geral, é considerado um sistema biológico dinâmico, pois o solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos de muitas condições, sólidas, líquidas, gasosas, tridimensionais, formados por alguns elementos e materiais tanto minerais quanto orgânicos, que ocupam a maior parte superficial das extensões continentais do planeta (SANTOS *et al.*, 2018).

O solo é o berço da agricultura, amplamente difundida no território nacional e suas fronteiras se encontram em expansão há séculos (TISOTT *et al.*, 2021), na busca pela produção de alimentos (SILVA *et al.*, 2020). O constante crescimento populacional fomenta essa demanda e exerce pressão ao sistema agrícola, refletindo na intensificação da agricultura, em pauta atualmente (ALVES *et al.*, 2020; TISOTT *et al.*, 2021).

Considerando esse cenário evolutivo da agricultura, deve-se considerar que as paisagens agrícolas, possuem elementos fundamentais (MAZUR, 2018), como o solo, que representa um elemento central para a limitação da produção agrícola, ou seja, sobre ele também é depositada a carga da intensificação dos sistemas agrícolas, justificando a busca por práticas que exerçam menor impacto neste ecossistema (ALVES *et al.*, 2020).



As principais fontes de degradação desse ecossistema estão relacionadas a retirada da cobertura vegetal, facilitando processos erosivos (COSTA *et al.*, 2020). Seu uso, pode ainda alterar os processos de decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e estrutura do solo, afetando sua dinâmica biológica (ROSA *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2020).

### **3.2 Erosão do solo e terraceamento**

A compreensão sobre as dinâmicas que norteiam as perdas de solo por erosão tem ganhado espaço na ciência e no cotidiano, principalmente em áreas agrícolas, nas quais o solo é altamente manejado, ocasionando problemas socioeconômicos e danos ambientais resultantes de sua degradação (BALDASSARINI *et al.*, 2018), os quais são reflexo direto dos manejos adotados.

O processo erosivo pode ser classificado conforme o tipo, agente ou formas e fatores. Quanto aos tipos, têm-se a erosão geológica ou natural e a erosão acelerada, enquanto para os agentes, estes podem ser a água, vento, temperatura e a ação biológica. Quanto às formas, por sua vez, a erosão pode ser hídrica, eólica ou a erosão de outras formas. Como principais determinantes para a ocorrência deste processo, destaca-se o regime de água, topografia do terreno, cobertura vegetal e natureza dos solos (BACK *et al.*, 2021).

No que tange os aspectos ligados ao uso do solo, a erosão hídrica em suas diferentes formas, apresenta-se como grande responsável pelas perdas de solo. Os manejos convencionais abrangem ações de revolvimento de solo, expondo-o a quebra de agregados, que facilitam o desprendimento, suspensão e carregamento de suas partículas, tornando-o propenso aos processos erosivos (SILVA *et al.*, 2019). Como resultado, há o comprometimento da qualidade do solo e da produção agrícola, pois além dos danos diretos ocasionados ao solo, o processo erosivo promove a perda de nutrientes e fertilizantes, trazendo prejuízos econômicos e ambientais (FERNANDES, 2018), bem como o assoreamento e poluição de corpos hídricos (BACK *et al.*, 2021).

Neste contexto, o uso de recursos para o controle mecânico de erosão tende a ser benéfico aos sistemas produtivos (SILVA *et al.*, 2021b; DUARTE *et al.*, 2020). As práticas utilizadas são normalmente divididas em edáficas, vegetativas e

mecânicas. As práticas mecânicas são caracterizadas por estruturas artificiais capazes de reduzir a energia do escoamento da água, a exemplo do terraceamento, amplamente difundido e utilizado em áreas agrícolas (SBARAINI *et al.*, 2022). A prática consiste na construção de estruturas, denominadas terraços, eficientes no controle de erosão hídrica, pois são capazes de amenizar o comprimento e a declividade do terreno, reduzindo, conseqüentemente, o volume e velocidade da água, disciplinando o fluxo de escoamento superficial, promovendo a infiltração e o armazenamento de água no solo (BACK *et al.*, 2021).

Estudos que avaliam índices de qualidade participativo (IQP) em sistemas de plantio nas propriedades rurais em diferentes regiões do estado do Paraná (SBARAINI *et al.*, 2022; MENDES *et al.*, 2019), apontam a eficiência do terraceamento na redução da degradação do solo, perda da matéria orgânica, lixiviação de nutrientes e principalmente nas perdas de solo. Resultados ainda melhores podem ser alcançados pela adoção combinada de práticas com intuito de evitar o processo erosivo, como manejos de semeadura e pulverização em nível, além da manutenção da palhada na superfície, propiciada pelo sistema de plantio direto (SPD) (SBARAINI *et al.*, 2022).

### **3.3 Sistema de plantio direto**

O Sistema de Plantio Direto, embora seja uma prática adotada em outras partes do mundo, foi introduzido no Brasil ao final da década de 1960, onde o sistema predominante de preparo da terra, principalmente no Sul do Brasil era baseado no uso excessivo de arados de disco e grades pesadas, tracionadas por máquinas agrícolas, para controle de plantas daninhas e incorporação de material vegetal. Essas práticas, aliadas a extensão das fronteiras agrícolas, resultaram na degradação do solo, afetando principalmente a efetividade da produção agrícola (FERNANDES *et al.*, 2020).

A elevada demanda por altas produtividades, nos diversos setores da agricultura, levantou a pauta de pontos importantes, como a necessidade de adequar a produção agrícola ao menor impacto ambiental possível (YADAV *et al.*, 2020). Com isso, intensificou-se a adoção de inovações tecnológicas na agricultura, como o SPD, aplicando-o aos cultivos de hortaliças, grandes culturas, integrações,

entre outros (BELLÉ *et al.*, 2023).

Conceitualmente o SPD significa gerir a terra, elevando os níveis de biodiversidade, atividade fotossintética, raízes ativas/efetivas e cobertura do solo, gerando produtos diversificados melhorando a qualidade ambiental (HERNANI; MARTINS, 2018). Contudo, historicamente, a adoção por parte dos produtores não foi imediata, iniciando pelos estudos acadêmicos para posterior adoção da prática pelos produtores rurais (FERNANDES *et al.*, 2020). Atualmente, o sucesso da prática está associado à conversão entre a produtividade e os resultados observados nas lavouras (FERNANDES *et al.*, 2020). Simon *et al.* (2021), ao avaliar o SPD como fator de aumento da produtividade das culturas, pontua que sua adoção beneficia os recursos naturais do setor agrícola, pois influencia diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, contribuindo com o aumento da produtividade. Neste mesmo sentido, em seu trabalho com resultados de 50 anos de estudos, Page *et al.* (2019), relatou os efeitos do sistema de plantio direto no rendimento e lucratividade da cultura do trigo, e concluíram que a prática influencia o rendimento agrícola, contribuindo com o armazenamento de água e a relação na fertilização do solo.

Estes resultados são possíveis, pois o SPD constitui uma prática conservacionista, reconhecida como um dos sistemas mais importantes e ambientalmente corretos que existem (RAMPIM *et al.*, 2020). Sua adoção contribui para a estabilidade dos agregados do solo, pautada nos fundamentos do não revolvimento do solo, rotação de culturas e a cobertura permanente, propiciada pela palhada (SALOMÃO *et al.*, 2020a), que proporcionam menor impacto ao meio ambiente e estimula a biodiversidade no solo (GÓES *et al.*, 2021).

A manutenção da cobertura vegetal garante condições benéficas ao solo, portanto, qualquer processo que modifique sua taxa de aporte e qualidade poderá causar alterações na temperatura, umidade, luminosidade e características físico-químicas do solo, que influenciam diretamente a riqueza e abundância dos invertebrados edáficos (NOVAK *et al.*, 2021; BIANCHI *et al.*, 2017). Essa influência direta, foi verificada por Costa *et al.* (2020), em área de sistema de plantio direto no cultivo do repolho roxo, em que verificaram maior número de organismos da meso e macrofauna quando comparado a outras áreas. Dessa forma, busca-se o estabelecimento de uma relação mais harmoniosa entre a exploração do solo, alcançada pela adoção de sistemas conservacionistas com o menor grau de

degradação possível (VIEIRA *et al.*, 2022).

Desde a sua implementação no Brasil, o SPD, é considerado o sistema mais eficiente para o controle de erosão hídrica em áreas de lavouras (TELLES *et al.*, 2019). No Brasil, este manejo já está consolidado (POSSAMAI *et al.*, 2022; DENARDIN *et al.*, 2008) porém, a sua manutenção depende de vários fatores, como: tipo de culturas e a quantidade de matéria seca produzida por elas para repor a demanda de palhada (MUZILLI, 2002; SODRÉ FILHO *et al.*, 2004). No entanto, especialmente em eventos de chuvas de alta intensidade e em terrenos com rampas longas ou de declividade acentuada, a erosão pode ocorrer, mesmo com a prática do SPD (WANG *et al.*, 2017). Nessas situações, é possível ocorrer à remoção da palhada através do escoamento superficial, o que agrava a perda de água, nutrientes e de matéria orgânica (FIGUEIREDO *et al.*, 2021), trazendo reflexos negativos sobre a abundância e diversidade da fauna edáfica.

### **3.4 Fauna edáfica**

O solo representa um grande reservatório da biodiversidade do planeta. Estima-se que  $\frac{1}{4}$  de toda ela está neste ecossistema, composta por micro a macro organismos. Dentre eles, a fauna do solo e/ou fauna edáfica, é caracterizada pelos animais invertebrados que vivem ou passam algum período da vida no solo, incluindo desde organismos microscópicos, como os nematóides, a organismos visíveis como ácaros, colêmbolos, minhocas, aranhas, formigas, besouros, entre outros (BROWN *et al.*, 2015; GÓES *et al.*, 2019).

O habitat em que vivem os organismos da fauna edáfica pode ser modificado por meio de seus mecanismos e funcionalidades, como a movimentação de materiais sobre o solo e dentro dele, incorporação de restos vegetais depositados na superfície, movimentação de partículas de solo, construção de ninhos e galerias, ingestão, digestão e excreção de restos orgânicos e de partículas minerais e a participação em diversos ciclos biogeoquímicos, contribuindo efetivamente na estruturação do solo (GUIMARÃES *et al.*, 2021), promovendo melhorias à qualidade ambiental (PESSOTTO *et al.*, 2020).

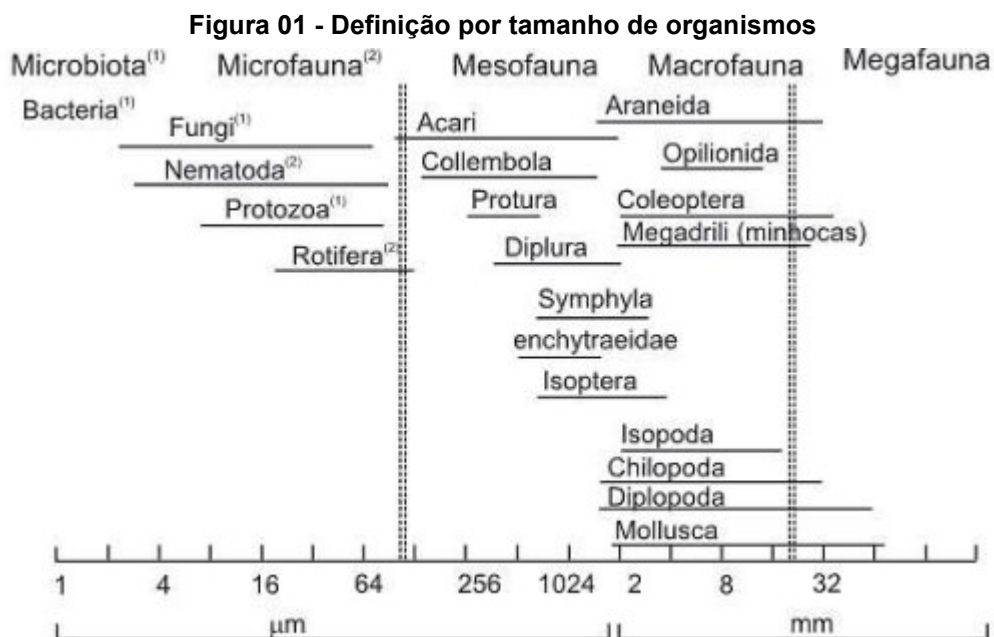
A biodiversidade da fauna edáfica apresenta variabilidade espacial e temporal, que influencia a amostragem para quantificação e qualificação destes

indicadores (GÓES *et al.*, 2019). Dessa forma, a quantificação desse atributo é comumente avaliada por indicadores ecológicos, como: abundância, riqueza, diversidade, entre outros, enquanto a qualificação é realizada por classificações específicas (PESSOTTO *et al.*, 2020), que consideram parâmetros como hábitos de sobrevivência, hábitos alimentares, ou grupos funcionais e até mesmo o seu tamanho corporal, sendo esse, o método mais usual (PESSOTTO *et al.*, 2020; SILVA, 2021a).

Com base no hábito de sobrevivência os organismos que vivem na superfície do solo como, gafanhotos, aranhas e centopeias, entre outros, podem ser classificados como epiedáficos. Organismos que habitam o horizonte A como minhocas, larvas de coleópteros e nematóides, são classificados como hemiedáficos, enquanto os que vivem em camadas mais profundas, como formigas, cupins e outras espécies de minhocas, são denominados como euedáficos (PESSOTTO *et al.*, 2020).

Ao considerar os hábitos alimentares e a classificação em grupos funcionais, é possível classificar os organismos edáficos como fitófagos, onívoros, detritívoros, geófagos, rizófagos, predadores e parasitas, ou ainda, herbívoros, que consomem tecidos vivos de plantas; engenheiros do ecossistema, que possuem impacto físico no solo; transformadores de serrapilheira os quais fragmentam materiais; predadores que se alimentam de outros organismos vivos, e as pragas, que causam danos econômicos quando atacam plantas.

No entanto, usualmente a classificação mais utilizada é a que adota o tamanho dos organismos como parâmetro de distinção (Figura 01). A microfauna apresenta diâmetro corporal variando entre 4 $\mu$ m a 10 $\mu$ m (protozoários, nematoides, etc.); a mesofauna, com diâmetro corporal de 10 $\mu$ m a 2 mm (ácaros, colêmbolos e diversas ordens de insetos), e a macrofauna que corresponde aos organismos com tamanho corporal que varia entre 2 mm e 20 mm (oligoquetas, isópodes, etc.) (SILVA, 2021a).



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

É com base na diversidade e funcionalidade, bem como por sua sensibilidade a alterações que a fauna edáfica tem ganhado espaço como atributo biológico do solo de grande importância nos mais variados estudos de qualidade ambiental, como o desenvolvido por Guimarães *et al.* (2021), que avaliou a fauna do solo associada a diferentes sistemas de cultivo, ou ainda, Pessotto *et al.* (2020), que descreveu a relação do uso do solo com a diversidade e a atividade da fauna edáfica.

### 3.5 Papel da fauna do solo em áreas agrícolas

O conceito que acompanha a definição de qualidade do solo é reconhecido como multidimensional, e historicamente esteve baseado no potencial de produção, melhores práticas, proteção de qualidade de água, saúde de plantas, animais e seres humanos (SIMON *et al.*, 2022). Como conceito aceito pela academia a qualidade do solo é definida como a capacidade do solo funcionar, seja em condições naturais ou limites de ecossistemas gerenciados, de sustentar a produtividade vegetal e animal, manter e melhorar a qualidade do solo e da água e do ar, e apoiar a saúde humana e a habitação (KARLEN *et al.*, 1997). Historicamente, a junção de fatores definiu a qualidade do solo e para a sua

manutenção, são adotadas práticas conservacionistas até hoje (SIMON *et al.*, 2022). Recentemente, autores pontuam que a qualidade do solo está correlacionada com a multifuncionalidade dos solos, combinando atributos químicos, físicos e biológicos, os quais refletem coletivamente as mudanças induzidas pelo uso e manejo do solo (SIMON *et al.*, 2022; BUNEMANN *et al.*, 2018; RINOT *et al.*, 2019).

O manejo do solo, desafio constate na agricultura evidencia a necessidade da adoção de práticas sustentáveis que fomentem a manutenção dos serviços ecossistêmicos por ele prestados (PASCHOAL *et al.*, 2020; TOLFO, 2022). Do ponto de vista biológico, o solo é caracterizado como um grande reservatório, parcialmente representado pela fauna edáfica (SILVA *et al.*, 2022). A esse componente são atribuídas diversas funções que auxiliam na manutenção da vida do solo e principalmente a produção agrícola (CARDOSO *et al.*, 2016). Peng *et al.* (2022), destaca ainda que os efeitos do tipo de vegetação presente em determinadas áreas e as associações que esses organismos desempenham, possuem efeito significativo nas comunidades da fauna edáfica que habitam um determinado ambiente.

Nos agroecossistemas, progressivamente ao longo dos últimos anos, a fauna edáfica tem ganhado visibilidade pelas funções que desempenha e sua capacidade bioindicadora, relacionada ao seu potencial de responder rapidamente às alterações do meio, oriundas do uso ou manejos adotados (GUIMARÃES *et al.*, 2021). Entre as funções que desempenha nos ecossistemas, destaca-se a ciclagem de nutrientes, fragmentação de resíduos orgânicos, influência nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), aeração, mobilização de nutrientes e participação nos ciclos biogeoquímicos (POMPEO *et al.*, 2020b; MANU *et al.*, 2022).

A importância desses organismos nas áreas agrícolas está atrelada a sua atuação, seja com minhocas em ambientes mais úmidos e frios, formigas em ambientes mais secos e quentes (SINHA *et al.*, 2023), aranhas e besouros em áreas com desenvolvimento de cobertura vegetal (SILVA *et al.*, 2022), entre outros organismos, atuando no condicionamento da fertilidade do solo (ZULKALIDHAH *et al.*, 2022), regulação das populações de outros organismos responsáveis pela humificação e mineralização, formação de agregados e fragmentação de materiais vegetais (ZULKALIDHAH *et al.*, 2022).

Esses aspectos evidenciam a necessidade do desenvolvimento de trabalhos direcionados a condições de uso do solo e a quantificação e qualificação da fauna edáfica. Nesse sentido, Góes *et al.* (2019), avaliou a suficiência amostral para

avaliação da fauna edáfica, pontuando a necessidade de estudos em diferentes áreas ou usos do solo, visto que a diversidade e a abundância destes organismos pode ser alterada em função dessas variáveis. Jin *et al.* (2022), ao avaliar a relação de seca com plantas invasoras, apontou que a mesofauna edáfica pode amortecer os efeitos negativos da seca nas invasões de plantas exóticas. No entanto, na literatura disponível são insipientes os trabalhos que relacionam a condição do sistema plantio direto com o controle mecânico de erosão, os quais são manejos que interferem diretamente na estruturação solo, e podem conseqüentemente afetar a fauna edáfica.

O uso de ferramentas que possibilitem a avaliação dos organismos do solo é importante, pois permite a tomada de decisões voltadas a preservação dos solos agrícolas, tornando imprescindível o conhecimento sobre a organização dessas comunidades e seu funcionamento para o entendimento do sistema solo, bem como dos fatores externos que possam vir a interferir sobre ele (CARDOSO *et al.*, 2016), na busca pela manutenção do solo produtivo, com redução dos danos ao mesmo, equilibrando os atributos químicos, físicos e biológicos (GOTARDO *et al.*, 2020).



## 4 FAUNA EDÁFICA E DIFERENTES USOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS: UMA CIENCIOMETRIA

### 4.1 Introdução

O solo, é a base para múltiplas funções e serviços ecossistêmicos (SIMON *et al.*, 2022), caracterizado como um grande reservatório biológico que abriga mais de um quarto da biodiversidade global (ORGIAZZI *et al.*, 2016; BACH *et al.*, 2020), dos quais emerge uma gama de processos essenciais para a manutenção e funcionamento de ecossistemas naturais e agroecossistemas (TRINDADE-SANTOS *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2023), que contribuem para a manutenção da saúde do solo, fundamental para a produção de alimentos (KARLEN *et al.*, 2019).

O componente biológico do solo é parcialmente representado pela fauna edáfica (SILVA *et al.*, 2022), a qual, entre várias funções, atua na ciclagem de nutrientes, na fragmentação de resíduos orgânicos, aeração e mobilização de nutrientes (POMPEO *et al.*, 2020b; CALÓ *et al.*, 2022; BIRKHOFFER *et al.*, 2022; MANU *et al.*, 2022), sendo ainda descrita como bioindicadora da qualidade do solo (VASCONCELOS *et al.*, 2020; ECKERT *et al.*, 2023).

A relação estabelecida entre a fauna edáfica, agroecossistemas, manejos do solo e a qualidade ambiental, ganhou espaço nas últimas décadas, tendo em vista seu papel na agricultura (SALOMÃO *et al.*, 2020a). A demanda crescente exercida sobre a cadeia produtiva e, conseqüentemente sobre os recursos ambientais, gera uma relação de causa e efeito, na qual a fauna edáfica desempenha importante papel como indicadora da qualidade do solo (PORTER *et al.*, 2022). Esses organismos, respondem ativamente às alterações no ambiente, seja pela disponibilidade de alimento, formação de microclimas distintos, aporte de recursos vegetais, alterações nas características físico-químicas do solo e a entrada de xenobióticos no ecossistema (PORTER *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2022; CAMACHO *et al.*, 2022). Nesse contexto, considerando o manejo do solo em agroecossistemas, diversos estudos apontam a relação entre seus usos e efeitos sobre a fauna edáfica (ALMEIDA *et al.*, 2016b; BERNARDES *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2022; NOVAK *et al.*, 2021; BETANCUR-CORREDOR *et al.*, 2023; ZULU *et al.*, 2022; CALÓ *et al.*, 2022, KUBIAK, *et al.*, 2022; VANOLLI *et al.*, 2023).

Considerando sua versatilidade e importância, a fauna edáfica tem atraído a

atenção de pesquisadores e profissionais em todo o mundo. No entanto, trabalhos de revisão sistemática pautados na análise cienciométrica para obter informações sobre a fauna edáfica em diferentes usos do solo em agroecossistemas são escassos. Esse recurso de revisão é um método quantitativo (LI *et al.*, 2022), que consiste em estudos de mapeamento científico (LI *et al.*, 2021) revelando tendências de pesquisa em diversas áreas do conhecimento (LIN *et al.*, 2019). Diante do exposto, este estudo propôs avaliar a evolução espaço-temporal da publicação de trabalhos que abordam a relação da fauna edáfica, com os manejos e usos do solo em agroecossistemas, no período entre os anos de 1949 e 2022 com base na análise cienciométrica desenvolvida a partir dos artigos disponíveis no banco de dados Web of Sciece.

## 4.2 Material e Métodos

### 4.2.1 Método da pesquisa

O levantamento de dados foi realizado de acordo com as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systemic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA, Moher *et al.*, 2009), o qual consiste em um conjunto mínimo de itens para relatar uma vasta revisão sistemática e meta-análise. A pesquisa foi desenvolvida utilizando uma análise cienciométrica, realizada através da busca sistemática do tema “a relação da fauna do solo com os manejos e usos do solo em agroecossistemas” a partir da base de dados do Web of Science (WoS). Os termos utilizados para busca na coleção principal foram TS (todos os campos): “EDAPHIC FAUNA\*” (OR) “MACROFAUNA” (OR) “MESOFAUNA” (OR) “SOIL FAUNA\*” (OR) “SOIL INVETEBRATES\*” (AND) “PLANTING SYSTEM\*” (AND) “AGRICULTURAL” (AND) “USE OF THE SOIL\*” (AND) “SOIL MANAGEMENT\*” (AND) AGROECOSYSTEMS.

### 4.2.2 Inclusão e triagem dos registros

Para a análise, foram selecionados os estudos que relacionavam a fauna edáfica, com ênfase na mesofauna e macrofauna, com os manejos e usos do solo

em agroecossistemas. A busca inicial no WoS retornou 11.265 registros científicos entre os anos de 1949 e 2022, os quais foram avaliados em quatro etapas, iniciadas em 03 de maio de 2023. Na etapa 1, foi verificada a inclusão dos arquivos em todos os idiomas independentemente do tipo do arquivo (artigos, resumos, artigos de revisão, reuniões, etc.). Na etapa 2, foram excluídos arquivos publicados no ano de 2023, considerando que não possuem representatividade completa, bem como, arquivos não correlatos ao tema. A etapa 3 compreendeu a revisão de título, resumo e palavras-chave para excluir estudos não relacionados a busca proposta. Na Etapa 4, foram removidos todos os artigos de revisão e realizada a verificação final dos arquivos. Findadas as etapas, os estudos restantes ( $n = 1.861$ ), foram submetidos à análise cienciométrica a partir da exportação dos dados diretamente da base de dados do WoS.

#### 4.2.3 Extração dos dados

Através do WoS foram realizadas as análises de resultados e citações a partir de ferramenta própria, obtendo a quantificação das principais áreas de publicação, evolução das publicações em cada ano e número de citações, além dos principais idiomas das publicações.

#### 4.2.4 Delineamento e análises

A análise cienciométrica foi realizada a partir da versão 6.2.R4 do software CiteSpace (CHEN, 2020), com a qual foi possível explorar os dados exportados do WoS através de visualização gráfica. As técnicas cienciométricas utilizadas foram a análise e relação de palavras-chaves e burst, caracterizado pela área de pesquisa mais ativa (CHEN, 2020), com relação ao destaque das palavras-chaves, instituições de ensino e países, bem como a cooperação entre eles, seguida da análise de cluster aplicada a relação dos autores, áreas de estudos e os principais grupos de estudo. O CiteSpace determina a numeração do Cluster baseado em seu tamanho, sendo 0 o Cluster com maior número de membros. A silhueta, por sua vez, reflete o grau de homogeneidade (ROUSSEEUW *et al.*, 1987), e as interpretações

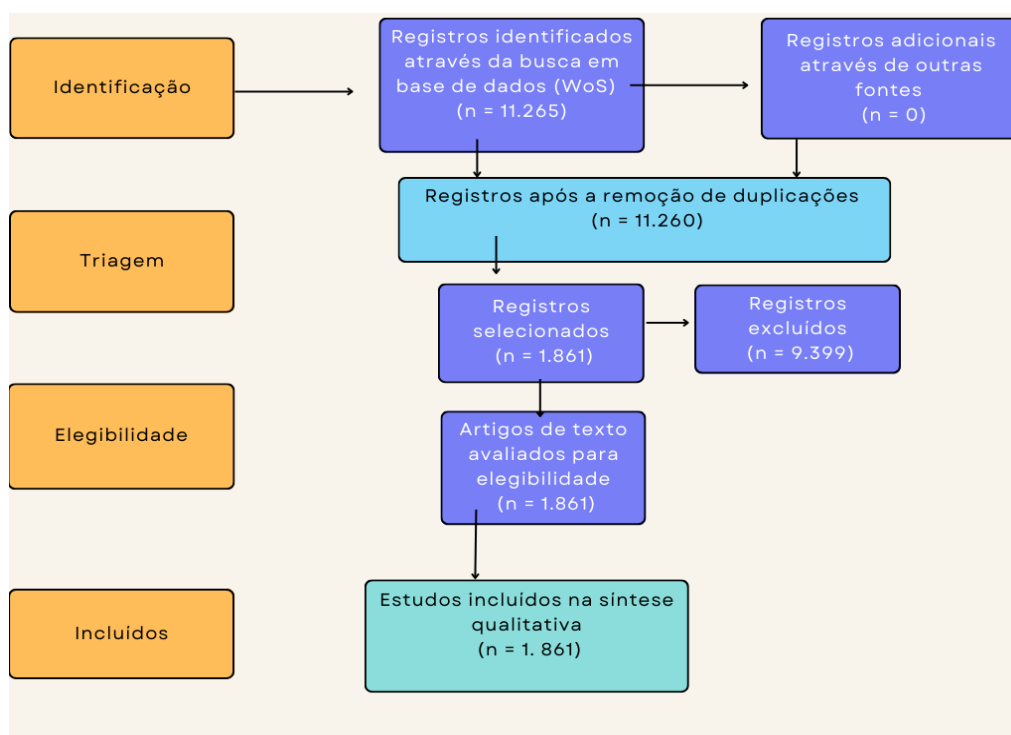
envolvidas no cluster baseiam-se no valor da silhueta entre “-1.000 a 1.000”, onde 1.000 é a representação perfeita (CHEN *et al.*, 2010). Os clusters mais expressivos recebem a identificação de zero (#0).

Os resultados são demonstrados infograficamente, a partir de nós e linhas, em que os nós indicam o tema investigado, sejam países ou palavras-chave, por exemplo, e as linhas (links), são as conexões entre esses nós.

### 4.3 Resultados e Discussão

Dos 1.861 estudos incluídos nesta pesquisa após a triagem e avaliação de 4 etapas (Figura 02), 97,851% eram artigos de periódicos, seguidos dos artigos de conferência (5,159%), material editorial (0,430%), artigo de dados (0,376%) e outros (0,5%). A maioria foi publicada na língua inglesa (93,87%), seguido do português (3,546%), espanhol (1,075%), francês (0,591%) e alemão (0,591%), caracterizando que na difusão da ciência, o inglês é a língua destaque (CINTRA *et al.*, 2020).

**Figura 02 - Flowchar do prisma, mostrando o fluxo de obtenção dos dados para inclusão na cienciometria**



Fonte: autoria própria (2023)

As principais áreas do conhecimento vinculadas às produções listadas foram

as pesquisas em ciência do solo, ecologia e ciências ambientais (Tabela 01). Esse resultado é reflexo da relação direta entre o objeto de estudo e estas áreas, pois ao abordar os usos do solo associados aos organismos edáficos e aos agroecossistemas estas linhas são complementares (SALOMÃO *et al.*, 2020b).

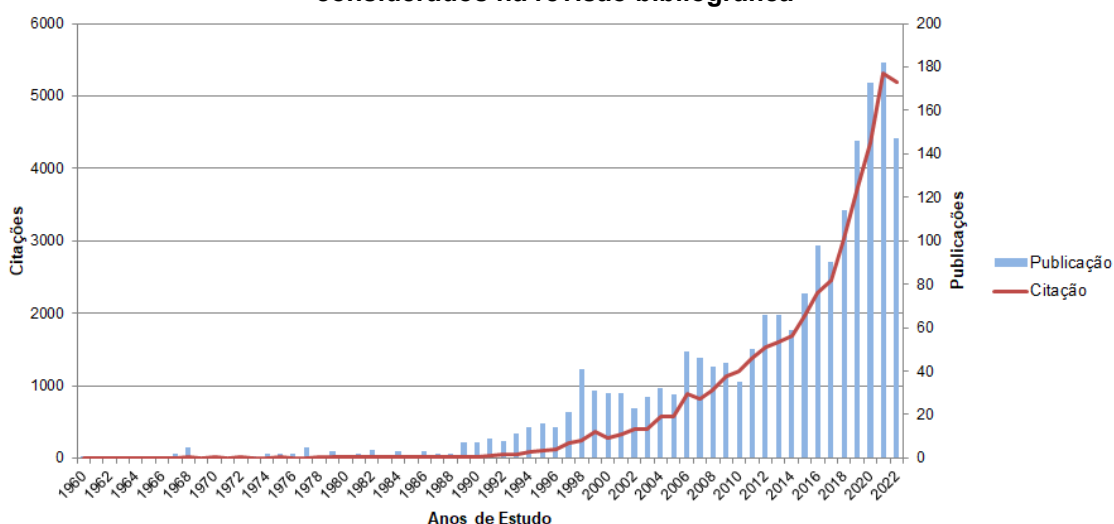
**Tabela 01 - Dez principais áreas de estudos em relação ao número e percentual de publicações, extraídas do WoS através dos artigos considerados na revisão bibliográfica**

Áreas de estudo	Contagem de registros	Percentual de publicações
Ciência do solo	813	43.686%
Ecologia	620	33.315%
Ciências ambientais	321	17.249%
Agricultura multidisciplinar	174	9.350%
Agronomia	169	9.081%
Silvicultura	148	7.953%
Conservação da biodiversidade	106	5.696%
Ciência vegetal	103	5.535%
Ciência multidisciplinar	72	3.869%
Biologia evolucionária	27	1.434%

Fonte: autoria própria (2023)

Os estudos publicados têm como data base, o ano de 1967, tornando-se mais recorrentes a partir do ano 2000. Apesar do crescimento progressivo, o aumento expressivo de publicações e citações sobre o tema ocorreu nos últimos 10 anos, especialmente a partir de 2014 (Figura 03).

**Figura 03 - Relatório de citação e publicações extraídas do WoS através dos artigos considerados na revisão bibliográfica**



Fonte: autoria própria (2023)

A última década representa 80% das publicações, justificando o aumento considerável nas citações, que variaram de 2000 a 5000 no período. As definições

de qualidade do solo e a forma de medir esse parâmetro precisavam ser alteradas, visto o aumento da intensificação agrícola, principalmente a partir do final da década de 1990, apontando a biologia do solo como um fator de destaque para análise dos padrões de qualidade (PAZ-FERREIRO *et al.*, 2013). O reconhecimento de que a fauna edáfica é influenciada pela condição e conservação ambiental, associado à evolução da agricultura conservacionista são fatores que fomentam o recente interesse em pesquisas sobre o tema.

O índice H obtido, que mede o impacto das pesquisas científicas, autores ou a área científica foi igual a 88, o que significa que o conjunto de dados possui 88 artigos que receberam ao menos 88 citações. De acordo com Hirsch (2005), o índice H é uma métrica que indica o impacto ou relevância de um artigo ou autor. Este resultado caracteriza a importância da evolução nas citações e pesquisas ao longo dos anos e fornece informações importantes sobre o impacto científico do tema, justificado pelo reconhecimento do componente biológico do solo como indicador de qualidade ambiental em áreas com interferências antrópicas (MENDES *et al.*, 2020).

A relação destes organismos edáficos com importantes processos como a produção agrícola, ciclo do carbono, fragmentação e decomposição dos restos vegetais e contribuição com a matéria orgânica do solo está relacionada a qualidade e sustentabilidade ambiental, recentemente considerada como ponto chave nos agroecossistemas (CALÓ *et al.*, 2022; BIRKHOFFER *et al.*, 2022; MANU *et al.*, 2022; POMPEO *et al.*, 2020b).

Dentre as principais palavras-chave reportadas, destacam-se a fauna de solo, biodiversidade, diversidade, comunidade, decomposição, carbono, nitrogênio, manejo e qualidade e solo. Esse conjunto permite verificar que entre os trabalhos publicados, é estabelecida a relação entre a fauna edáfica e a sua funcionalidade nos agroecossistemas com os nós destacados na cor amarela, e na cor vermelha, nós chamados de “Burst”, que indicam áreas ativas e tendências da comunidade científica (CHEN *et al.*, 2020) (Figura 04).

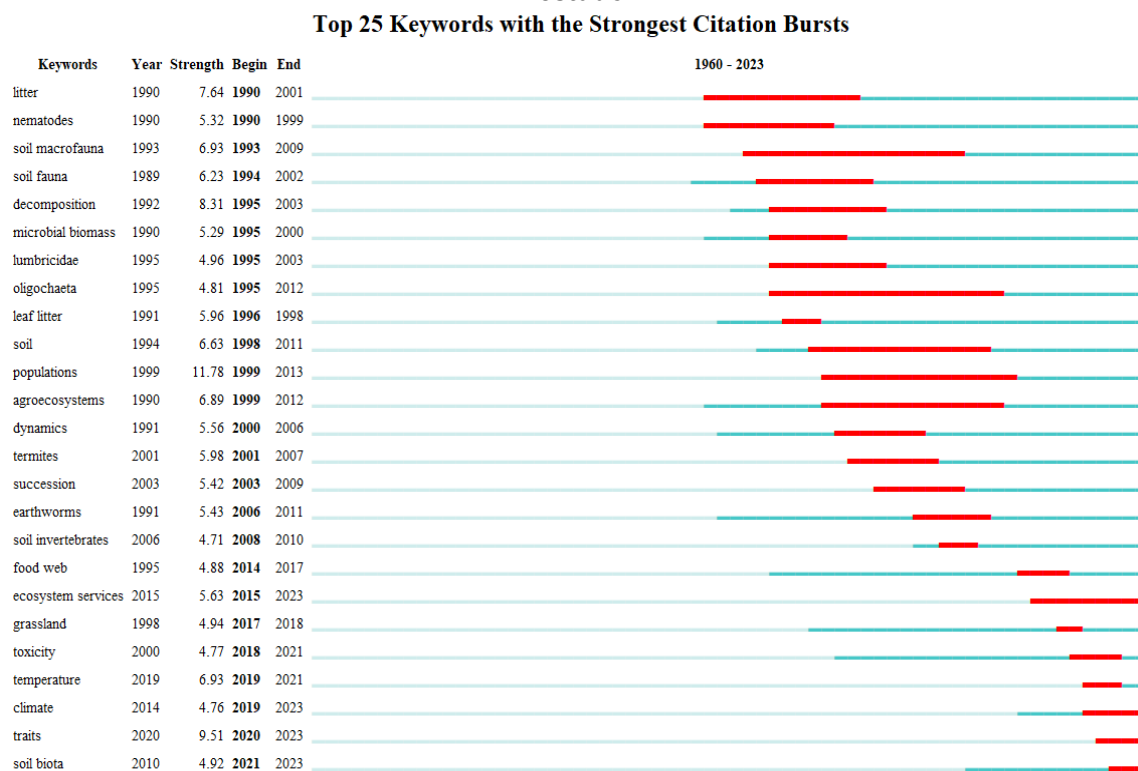


plântio direto, são a chave para um ambiente equilibrado entre fauna, flora, fatores bióticos e abióticos, tornando o solo um ecossistema produtivo e saudável, com alto grau de resiliência (TRINDADE-SANTOS *et al.*, 2021). Neste contexto, observa-se um elevado número de menções aos termos: serviços ecossistêmicos, uso do solo, fertilização e toxicologia. Esse resultado reflete o papel do solo nos processos produtivos, em que o uso de fertilizantes orgânicos e minerais, associados ao uso de agroquímicos e outras substâncias, afetam a fauna edáfica (TESSARO *et al.*, 2016; BETANCUR-CORREDOR *et al.*, 2023; BEAUMELLE *et al.*, 2023; MISHRA *et al.*, 2022).

Considerando os Bursts, é verificada a tendência das 25 principais palavras-chave mais citadas ao longo dos anos (Figura 05). Do conjunto analisado, as que apresentam maior explosão de citações foram “Populations” (11.78), “Traits” (9.51) e “Decomposition” (8.33), considerando o espaço temporal, representado pela coloração vermelha, as palavras-chave que apresentaram maior explosão ativa foram macrofauna do solo, Oligoquetas, solo, agroecossistemas, dinâmica e serviços ecossistêmicos. Nos anos iniciais as palavras eram mais específicas, associadas a grupos taxonômicos ou classificações da fauna edáfica, enquanto ao final da escala temporal são contempladas palavras de significado mais abrangente, como os serviços ecossistêmicos, clima, toxicidade, entre outras, demonstrando a ampliação da compreensão do papel da fauna edáfica e suas interações no solo, ampliando os horizontes de pesquisa (BRIONES; SCHMIDT, 2017; TAN *et al.*, 2021; CHRISTEL *et al.*, 2021; MORALES-MÁRQUEZ *et al.*, 2022).



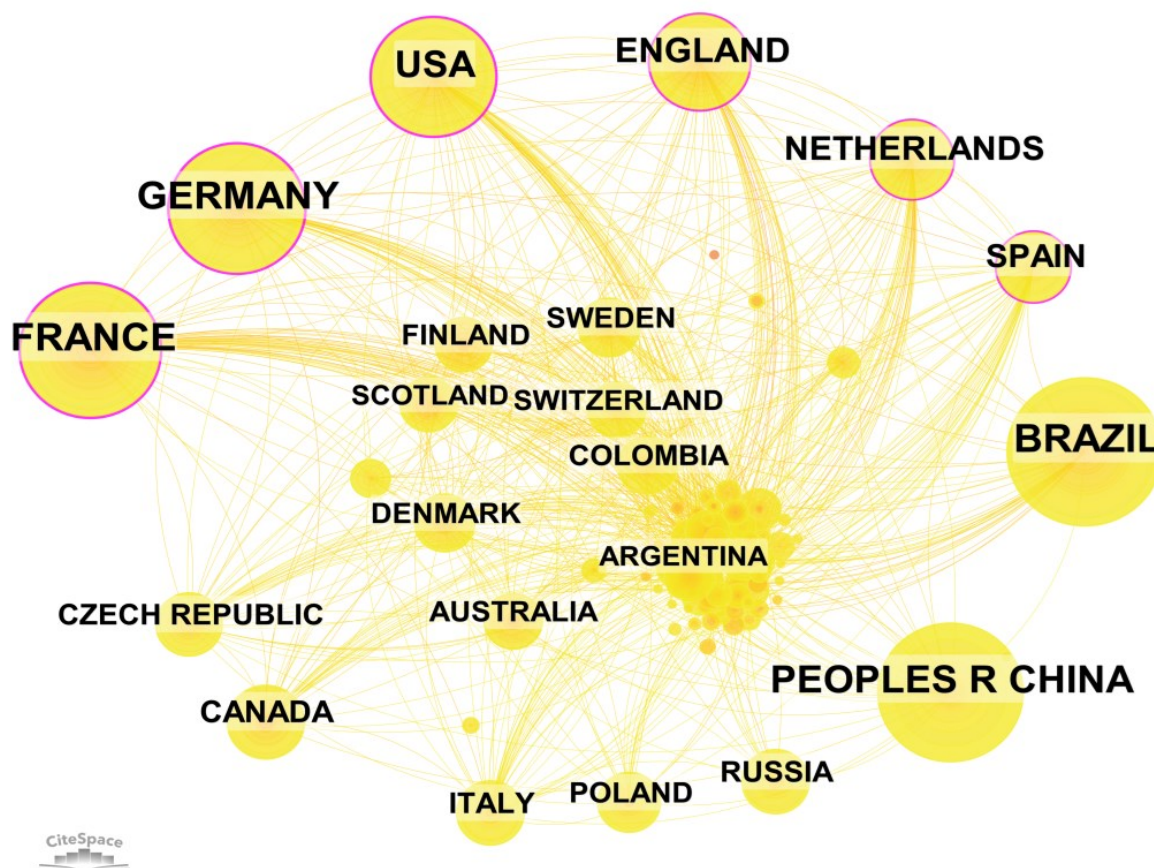
**Figura 05 – Palavras-chave que apresentaram as maiores explosões de citação no período de estudo**



Fonte: autoria própria via CiteSpace (2023)

Na figura 06 são apresentados os países com maior número de publicações, com destaque para China e Brasil, seguido da França e Alemanha. Este resultado demonstra que o Brasil evoluiu e ganhou destaque mundial nas pesquisas ligadas a fauna edáfica associada a diferentes manejos e usos do solo em agroecossistemas.

Figura 06 - Rede de ocorrência dos países com o maior número de contribuição nas pesquisas e centralidade



Fonte: autoria própria via CiteSpace (2023)

A representação gráfica apresenta os países com o maior número de publicações, representada pelo tamanho do nó, bem como a centralidade, caracterizado pelo destaque que o país apresenta na produção científica, representada pelos anéis roxos. A China é um grande produtor de vegetais e atualmente tem desenvolvido muitos estudos voltados a qualidade do solo (WANG *et al.*, 2023), a representatividade da China na produção, pode ser justificada pelo elevado número de novas instituições de ensino e pesquisa nos últimos anos, consequência das políticas públicas (RONG; WU, 2020).

Além disso, os resultados encontrados refletem a sociedade atual e a cadeia produtiva do agronegócio, pressionada a produzir com qualidade e sustentabilidade ambiental (MELCHIOR *et al.*, 2021; PAZ-FERREIRO *et al.*, 2013; GALVÃO *et al.*, 2022). Neste cenário, o Brasil destaca-se como um dos principais produtores de alimentos no mundo, impulsionado pela demanda dos mercados internos e externos que impulsionam a agricultura brasileira ao patamar de país líder mundial em

produção e exportação de produtos agrícolas (BOLFE *et al.*, 2020). O mesmo autor destaca que essa liderança necessita ser fundamentada em ciência, tecnologia, inovação, políticas, empreendedorismo e preservação do solo e clima, justificando o elevado número de publicações relacionadas ao tema (Figura 06). A expansão da adoção de manejos conservacionistas no Brasil, como o SPD e a integração lavoura pecuária (ILP), considerados marcos para a construção do ambiente edáfico biologicamente ativo e saudável (MENDES *et al.*, 2020) também são fatores que contribuem para este resultado.

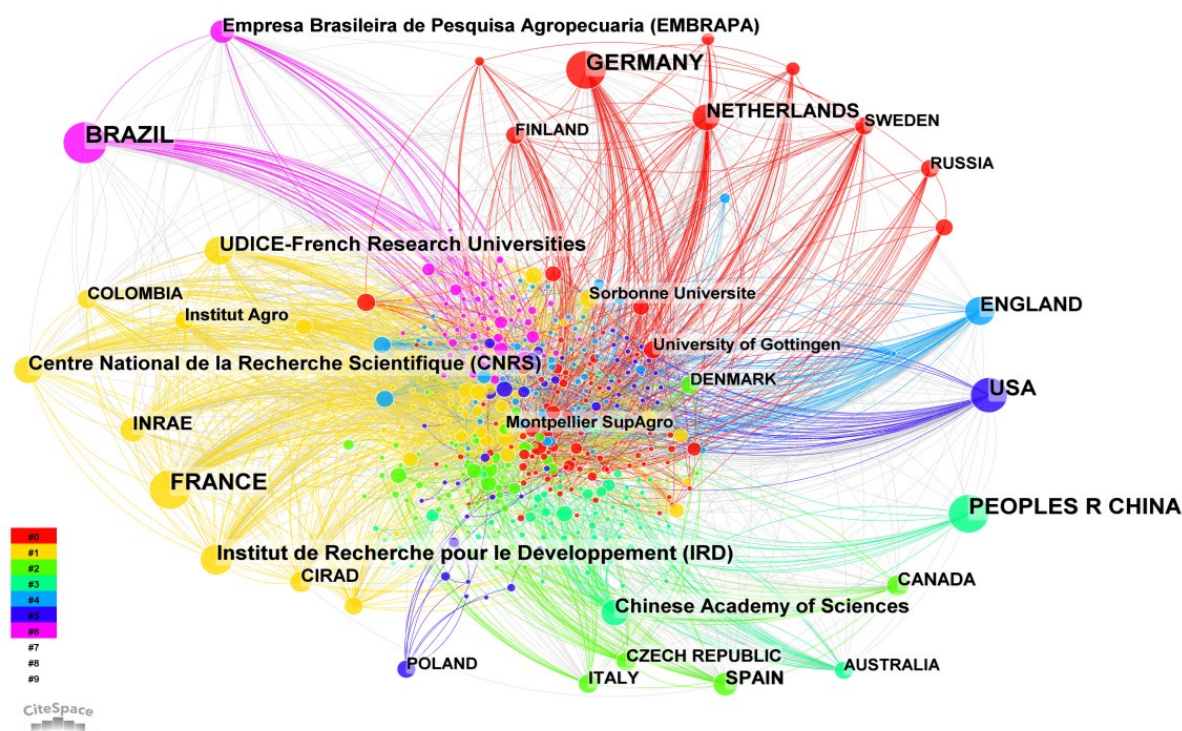
A megadiversidade brasileira também pode ser um fator contribuinte ao resultado encontrado, tendo em vista que o Brasil está ranqueado entre os 17 países mais megadiversos (MIRANDA *et al.*, 2020) e o solo abriga mais de um quarto da biodiversidade global (ORGIAZZI *et al.*, 2016; BACH *et al.*, 2020).

Embora grande número de publicações esteja associado a China e ao Brasil, a maior visibilidade da pesquisa produzida, representada pelos anéis roxos, está associada aos USA, França, Alemanha, Itália e Espanha (Figura 6). No cenário americano, a centralidade está atrelada a duas principais características abordadas no trabalho: pesquisa e agricultura, pois os USA é referência por evidência para pesquisas agropecuárias desde o século 19 (LOURENÇO *et al.*, 2020). Nos países europeus a centralidade alcançada mesmo com menor número de publicações, encontra respaldo na prioridade fornecida ao setor agrícola, que historicamente recebe recursos financeiros visando a proteção da biodiversidade dos ecossistemas (ALTMANN, 2020).

A relação da centralidade desses países no que tange o setor agrícola pode estar ligada, principalmente, aos fatores produtivos, considerando domínios econômicos de alguns países no cenário mundial (YAPRAK *et al.*, 2018). Ainda nesse sentido, os países que apresentaram centralidade tornam-se foco de países em desenvolvimento, pois há o interesse, inclusive da China e Brasil, na implementação de centros estrangeiros de inovação, construindo redes globais (RAHMAN *et al.*, 2017).

A ampliação da compreensão das relações estabelecidas pelos diferentes manejos e usos do solo com a fauna edáfica, são potencializadas pela colaboração entre países e instituições pesquisadoras, possibilitando verificar condições de relações e interesses (Figura 07).

**Figura 07 - Redes de cooperação de países e instituições que mais contribuem com publicações ligadas a fauna do solo em diferentes usos e manejos do solo em agroecossistemas, onde #0 representa o grupo com o maior número de membros e #6 o menor número de membros**



Fonte: autoria própria via CiteSpace (2023)

O agrupamento para as cooperações entre países e instituições é potencializado por Clusters, representados em cores e números, com base nos nós e links observa-se um cenário geral dos países e instituições que expressivamente desenvolvem pesquisas na área.

O maior número de membros de cooperação é verificado no cluster #0 de cor vermelha, com países como Alemanha, Holanda, Rússia entre outros, cooperando entre eles e com instituições acadêmicas. O segundo grupo de maior representatividade é o cluster #1, de coloração amarela, composto por países como a França e Colômbia, com contribuição de várias instituições. O Brasil enquadra-se no cluster #6, de cor roxa, e forma o grupo com menor número de membros, cooperando principalmente suas pesquisas a partir da instituição de pesquisa nacional, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

A cooperação de diversos países contribui para uma lista de importantes pesquisadores (Tabela 02). O pesquisador francês, Patrick Lavelle, com inserção mundial na ciência é o primeiro entre os autores listados em número e percentual de

publicações. Suas linhas de pesquisa são fortemente pautadas no bioma Amazônia, em que avalia especialmente as populações de minhocas, abordando ecossistemas perturbados, considerando seus padrões de abundância, composição e características com base em diversos parâmetros, como a cobertura de solo, textura e práticas agrícolas, além de abordar características importantes do uso do solo, como a relação entre a fauna de solo e a fertilidade do solo, e a relação no controle de parasitas de plantas e fauna do solo (LAVELLE *et al.*, 2022; LAVELLE *et al.*, 1994; LAVELLE *et al.*, 2004). O autor contribuiu ainda em trabalhos que abordam o componente biológico do solo em ecossistemas naturais alterados pelo desmatamento (RODRIGUEZ *et al.*, 2021; CONRADO *et al.*, 2023).

**Tabela 02 - Os dez principais autores em relação ao número e percentual de publicações, extraídos do WoS através dos artigos considerados na revisão bibliográfica**

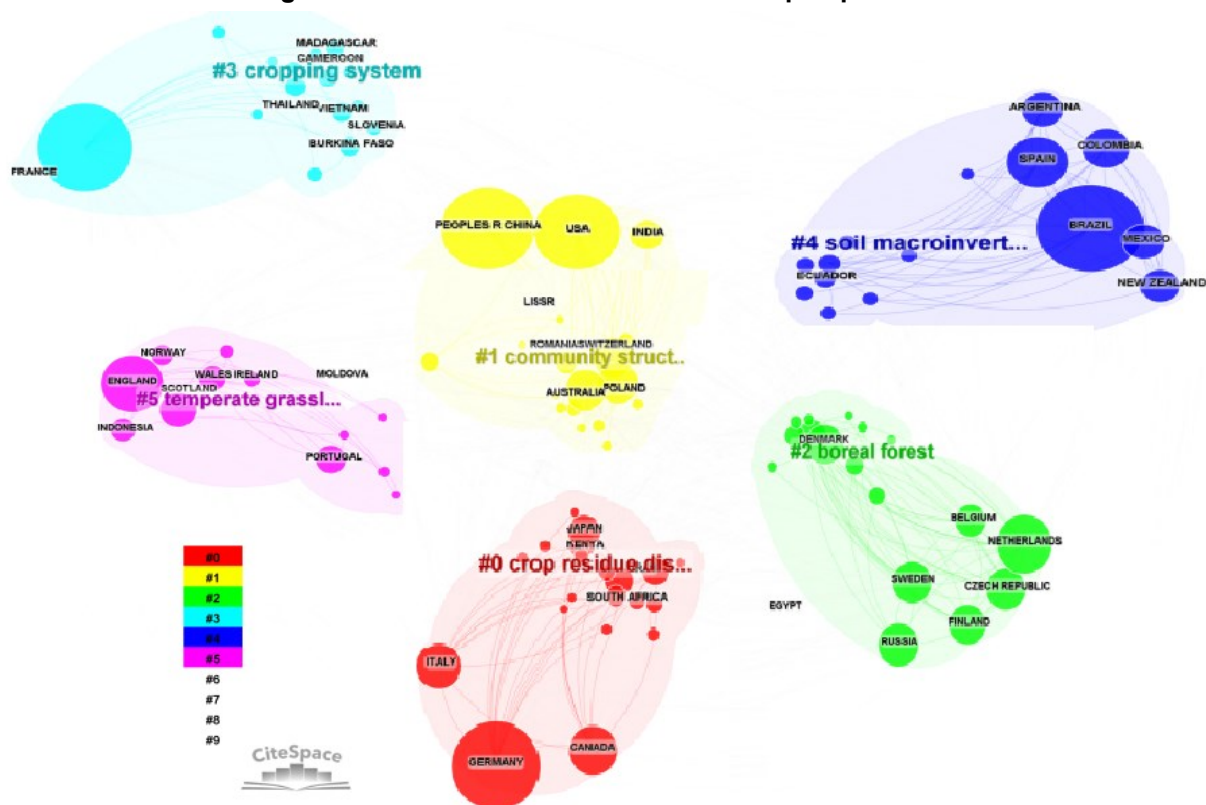
Autores	Contagem de registros	Percentual de publicações
Lavelle P	57	3.027%
Scheu S	47	2.496%
Frouz J	37	1.965%
Baretta D	30	1.593%
Eisenhauer N	26	1.381%
Decaens T	24	1.275%
Correia MEF	22	1.168%
Berg MP	20	1.062%
Brussaard L	20	1.062%
Fonte SJ	19	1.009%

**Fonte: autoria própria (2023)**

O pesquisador Dilmar Baretta, listado na quarta posição, é o primeiro brasileiro entre os dez autores com maior número de registros publicados. Este resultado demonstra sua importante contribuição no desenvolvimento de estudos ligados ao componente biológico do solo, com destaque para a ecologia do solo, bioindicadores de qualidade do solo e ecotoxicologia do solo, como estudos que avaliam a contribuição da cobertura vegetal permanente do solo em Florestas de Araucária, e a ação de agrotóxicos sobre organismos não-alvos como as minhocas (PEREIRA *et al.*, 2020; GIORDANI *et al.*, 2020). Ainda entre os brasileiros está a pesquisadora da Embrapa Maria Elizabeth Fernandes Correia, cujos estudos abordam o monitoramento da biodiversidade edáfica em função de impactos antrópicos, além de outras linhas de estudo na mesma temática.

As linhas de investigação, bem como os países que possuem os maiores grupos representados por Clusters possibilitam verificar uma estreita relação de estudos e locais (Figura 08).

Figura 08 - Autores e clusters de linha de pesquisa



Fonte: autoria própria via CiteSpace (2023)

O Cluster que representa o número mais expressivo de trabalhos desenvolvidos está vinculado ao grupo #0, representado pela temática vinculada aos resíduos de colheita e cobertura do solo. Na sequência os principais clusters entre as linhas de estudo se dividem em estrutura de comunidade (#1), florestas (#2), sistemas de plantio (#3) e macroinvertebrados do solo (#4).

A divulgação e disseminação dos resultados obtidos através das pesquisas desenvolvidas por estes autores são realizadas através de periódicos de elevado fator de impacto, livros, comunicados técnicos entre outros, levando essas informações ao meio acadêmico, científico e a sociedade, incluindo agricultores, fortemente inseridos nas práticas de uso e manejo do solo (Tabela 03).

**Tabela 03 - Os dez principais periódicos em número e percentual de publicações, extraídos do WoS através dos registros incluídos na revisão sistemática**

Títulos de publicações	Contagem de registros	Percentual de publicações	Fator de impacto (JCR)
Applied Soil Ecology	171	9.081%	4.8
Soil Biology & Biochemistry	139	7.382%	9.7
Pedobiologia	110	5.842%	2.3
European Journal of Soil Biology	73	3.877%	4.2
Agriculture Ecosystems & Environment	51	2.716%	6.6
Biology and Fertility of Soils	47	2.496%	6.5
Geoderma	41	2.183%	6.1
Forest Ecology and Management	39	2.077%	3.7
Plant and Soil	35	1.859%	4.9
Revista Brasileira de Ciência do Solo	30	1.593%	1.7

Fonte: autoria própria (2023)

Os periódicos de destaque entre os registros analisados apresentam fatores de impacto entre 1,7 e 9,7. O fator de impacto é um método bibliométrico, utilizado para qualificar as revistas científicas com base nas citações que ela recebe (RIBEIRO *et al.*, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2019). Áreas de estudos com importante impacto e influência global, como áreas da saúde apresentam grande destaque quando comparadas a outras áreas e fatores de impacto que podem atingir valores acima de 100 pontos (ALMEIDA *et al.*, 2019). Contudo, de acordo com os dados disponíveis na plataforma WoS, esses valores não se aplicam a área de ciências agrárias.

O impacto das publicações é mensurado através do número de vezes que um artigo foi citado, demonstrando a importância dos trabalhos com o maior número de citações em uma determinada temática (RIBEIRO *et al.*, 2019). Na tabela 04, é apresentado o relatório dos 10 trabalhos sobre o objeto da pesquisa obtidos a partir da ferramenta WoS “Create Citation Report”. A tabela apresenta ainda, o número médio anual e total de citações, bem como informações sobre os autores, periódico e ano de publicação.

O artigo “Intensive agricultural reduce soil biodiversity across Europe” escrito por Tsiafouli *et al.* (2014), foi o trabalho mais citado e investiga a biodiversidade nas cadeias alimentares do solo provenientes de pastagens, rotações extensivas e intensivas em regiões da Europa, pautado nos efeitos da intensidade do uso da terra. O trabalho conclui que essa condição resulta em menor número de grupos funcionais, e menor número de espécies, porém mais estreitamente relacionadas, apontando como a intensificação do uso da terra pode ameaçar o funcionamento dos solos nos sistemas de produção agrícola.

**Tabela 04 - As 10 principais citações com base na média de citação anual, inseridas na temática da relação da fauna edáfica e os manejos do solo em agroecossistemas**

<b>Publicações</b>	<b>Autor/Ano publicação</b>	<b>Revista</b>	<b>Média de citação/ano</b>	<b>Total</b>
Intensive agricultural reduce soil biodiversity across Europe	TSIAFOULI, MA <i>et al.</i> , 2014.	Global Change Biology	53	477
Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes	GARCÍA-PALACIOS, P <i>et al.</i> , 2013.	Ecology Letters	32,18	354
Soil biodiversity for agricultural sustainability	BRUSSAARD, L <i>et al.</i> , 2007.	Agriculture, Ecosystems e Environment	31,12	529
An investigation into the reactions of biochar in soil	JOSEPH, SD <i>et al.</i> , 2010.	Australian Journal of Soil Research	51,57	722
Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization	FROUZ, J <i>et al.</i> , 2018.	Geoderma	26,83	161
Tillage systems and soil ecology	KLADIVKO, EJ <i>et al.</i> , 2001.	Soil and Tillage Research	20	460
The values of soil animals for conservation biology	DECAENS, T <i>et al.</i> , 2006.	European Journal of Soil Biology	9,61	173
Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems	VRIES, FT <i>et al.</i> , 2013.	Biological Sciences	24,64	271
The importance of litter traits and decomposers for litter decomposition of aquatic and terrestrial ecosystems within across biomes	GARCÍA-PALACIOS, P <i>et al.</i> , 2015.	British Ecological Society	20,38	163
Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity	DE DEYN, GB <i>et al.</i> , 2003.	Nature	19,81	416

**Fonte: autoria própria (2023)**

O segundo artigo de autoria de García-Palacios *et al.* (2013), avaliou o papel da fauna do solo, como contribuinte na decomposição de materiais e na recuperação de áreas degradadas. Este trabalho pontua o forte impacto da fauna do solo na decomposição da serapilheira, e como as diferenças dos biomas e do solo interferem na ação dos organismos, afetados pelas condições climáticas.

O terceiro artigo mais citado, foi escrito por Brussaard *et al.* (2007), e avaliou a biodiversidade do solo para a sustentabilidade agrícola, em que destaca a biodiversidade do solo como um componente central para sustentar o funcionamento dos agroecossistemas, com ênfase nos benefícios econômicos da biodiversidade edáfica para a sociedade.



A partir do relatório das publicações mais citadas, é possível verificar uma gama de registros com diferentes variáveis de estudo que representam fatores de interferência no solo e que podem exercer relações sobre a fauna edáfica. Além disso, ressaltam as diferentes funções desempenhadas pela fauna do solo no ambiente, atuando como agente benéfico em diversos processos ambientais.

Dessa forma, é possível observar os grupos entre as principais publicações e os rótulos vinculados a cada um deles, com isso, verificou-se os principais clusters, formados pelo peso, número de membros e silhueta (CHEN *et al.*, 2020) (Tabela 05).

**Tabela 05 - Clusters, membros e valores de silhueta**

Cluster ID	Tamanho	Silhueta	Ano	Rótulo (LSI)	Rótulo (LLR)	Rótulo (MI)
0	21	0.599	2003	Fauna do solo; decomposição da serapilheira; solo macrofauna; solo mesofauna; funcional diversidade; biológico efeito; tropical úmido doença; contrastante composição química; plantar resíduo; solo florestal alteração;	Resíduo de colheita desaparecimento; oeste subúmido do Quênia; atividade da macrofauna; julgamento de longo prazo; cortar rotação;	Pomar; floresta; à base de café agrofloresta;
1	18	0.507	2005	Decomposição da serapilheira; organismo do solo; solo comunidade de fauna; estrutura comunitária; espécies de árvores; solo fauna; teia alimentar do solo; propriedades do solo; caso estudar; decomposição avaliar;	Estrutura comunitária; conversão de florestas tropicais; redistribuição vertical; norte da China;	Pomar; floresta; à base de café agrofloresta;
2	17	0.751	2005	fauna do solo; solo macrofauna; minhoca comunidades; boreal	floresta boreal; colêmbolo comunidades; europeu floresta; efeito a longo prazo;	Pomar; floresta; à base de café agrofloresta;

				floresta; teia decomposição da alimentar do solo serapilheira; propriedades do solo; solo invertebrado; árvore espécies; solo mesofauna; lixo qualidade;
3	15	0.628	2002	macrofauna do sistema de Pomar; solo; cultivo; floresta; à sistema de semi-árido da base de café cultivo; solo África Ocidental; agrofloresta; qualidade; fauna socio-econômico do solo; diversidade; data invertebrados do abordagem; co- solo; projeto função do cultivo inovador ecossistema; sistema; lodo de esgoto; solo macrofauna abundância; à base de arroz sistema de cultivo; dano do besouro preto;
4	15	0.716	2000	macrofauna do comunidade de Pomar; solo; solo macroinvertebrad floresta; à os do solo; base de café macroinvertebrad agrofloresta; o silvipastoril comunidades; sistema; à base sistema de cacau silvipastoril; sistema sistema agroflorestal; agroflorestal; macrofauna à base de cacau edáfica; sistema decomposição da agroflorestal   serapilheira; propriedades do solo; solo mesofauna; microbiano biomassa; ecossistema serviço; colombiano Amazonas;
5	12	0.808	2005	estudo de caso; pastagens comercial temperado temperadas; óleo formulação;ne pastagens; óleo palma; intensivo onicotinóides de palma; pastagem pastagens gestão; abaixo do intensivas solo multitrófico gerenciamento; transferência de abaixo do solo recursos; uso da multitrófico terra; transferência de recursos

				rotação de culturas arvenses; macrofauna do solo; solo biologia; anterior cultura forrageira; legado efeito;		
6	1	0	1974	efeito de erosão no solo fauna sob diferentes plantações;	efeito de erosão; colheita; fauna do solo; macrofauna do solo; decomposição da serapilheira;	fauna do solo; solo macrofauna; decomposição;
7	1	0	2021	abundância e biodiversidade de invertebrados em solos marrons de natureza e agrícola ecossistemas;	solo; ecossistema agrícola; abundância; invertebrado; biodiversidade;	fauna do solo; solo macrofauna; decomposição;
8	1	0	2011	a população de minhocas lumbricus spp. no planalto de la paz, Bolívia;	população; minhoca;	fauna do solo; solo macrofauna; decomposição.

**Nota: Indexação Semântica Latente (LSI), Razão de verossimilhança (LLR) e Informação Mútua (MI)**

**Fonte: autoria própria (2023)**

Embora os clusters não tenham apresentado o tamanho perfeito de 1.000, os primeiros grupos, com o maior número de membros, apresentam os rótulos de indexação semântica latente (LSI), ou seja, os rótulos considerados para inclusão dos registros, seguido das palavras-chaves mais representativas (LLR) e as informações mútuas (IM). Ou seja, colaborando com o objetivo do trabalho, verifica-se que os principais rótulos estão baseados nos termos fauna do solo, decomposição da serapilheira, solo macrofauna, solo mesofauna, diversidade funcional, efeito biológico, minhocas, entre outros, onde os princípios dos manejos adotados nos agroecossistemas encontram-se como rótulos de destaque, como resíduo de plantas, efeitos da erosão e alteração no solo florestal são as áreas mais atuais na pesquisa.

Mesmo que a base de dados do WoS, seja amplamente difundida, confiável e uma abrangente base de dados de publicações científicas, há limitações que podem contribuir para que registros relevantes não tenham sido encontrados, visto que estudos sobre a fauna do solo em diferentes usos de solo em agroecossistemas podem não ter sido associados na busca usando Topic Search na WoS. A busca

delimitada a partir de palavras-chave, título e resumo é uma limitação, além do período de obtenção dos dados, que pode não ter localizado alguns estudos, assim como exposto por Frigeri *et al.* (2023). Apesar disso, a base de dados WoS é uma das principais e mais confiáveis bases disponíveis para acesso, e permitiu através das buscas, reunir informações sobre o tema abordado, possibilitando verificar o cenário atual e tendências futuras sobre um assunto que tem crescido exponencialmente seu número de publicações.

#### **4. Conclusão**

A análise realizada permitiu verificar padrões de evolução e destaques das pesquisas envolvendo a fauna edáfica e diferentes usos e manejos do solo em agroecossistemas, principalmente nos últimos 10 anos.

O Brasil se encontra entre os países com maior produção científica na temática, cujo ranking inclui a China, essa produção não está envolvida com centralidade, sendo os países com maior visibilidade a França, Alemanha e Estados Unidos. Dentre as áreas com maior produção, destaca-se a ciência do solo e a ecologia.

Os trabalhos mais citados destacam dentre vários aspectos, a aplicabilidade da fauna edáfica como ferramenta para medir a qualidade do solo em diferentes agroecossistemas, sendo os serviços ecossistêmicos dominantes dentre as principais palavras-chaves dos estudos, conceito esse que se aplicam as funções que os organismos do solo desempenham no agroecossistema.

## 5. FAUNA EDÁFICA ASSOCIADA A ÁREAS CULTIVADAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COM E SEM TERRACEAMENTO

### 5.1 Introdução

O manejo do solo configura atualmente, um dos maiores desafios impostos a agricultura (PASCHOAL *et al.*, 2020), evidenciando a necessidade da adoção de práticas sustentáveis que fomentem a manutenção dos serviços ecossistêmicos por ele prestados, como o suporte para o crescimento de plantas, participação nos ciclos biogeoquímicos, provimento de matérias primas (VEZZANI, 2015), conservação da biodiversidade, regulação do clima e produção de alimentos (DELIBAS *et al.*, 2021). Nesse cenário, o sistema plantio direto (SPD), representa uma dessas estratégias, sendo considerado a base da agricultura conservacionista (BLANCO-CANQUI *et al.*, 2020), e da sustentabilidade agrícola, um dos maiores desafios do século XXI, a medida que cresce a demanda por alimentos e preservação ambiental (POSSAMAI *et al.*, 2022).

O SPD caracteriza-se como um sistema de produção agrícola pautado na adoção conjunta do revolvimento mínimo do solo, manutenção da cobertura vegetal do solo e rotação de culturas (MINGOTTE *et al.*, 2021), contribuindo, desta forma, para a manutenção e melhoria da qualidade de seus atributos químicos, físicos e biológicos (THOMAZINI *et al.*, 2020). Outro grande desafio à agricultura sustentável é a perda de solo mediada pela erosão hídrica (LENSE *et al.*, 2020), apontada como um dos mais relevantes processos de degradação das terras agrícolas no Brasil, cujas estimativas recentes apontam perdas de solo na ordem de 0,1 a 136,0 t ha<sup>-1</sup>, dependendo do uso e a cobertura da terra (ANACHE *et al.*, 2017). Nesse contexto, a adoção de práticas conservacionistas complementares como os terraços são recomendadas para áreas de agrícolas, pois reduzem as perdas de água por escoamento superficial (MERTEN *et al.*, 2015; DEUSCHLE *et al.*, 2019) e, por consequência, reduzem os processos erosivos, os quais afetam negativamente os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (DU *et al.*, 2022), trazendo grandes impactos econômicos (POLIDORO *et al.*, 2021).

Do ponto de vista biológico, o solo é caracterizado como um grande reservatório, abrigando mais de um quarto da biodiversidade global (ORGIAZZI *et*

*al.*, 2016; BACH *et al.*, 2020), parcialmente representada pela fauna edáfica (SILVA *et al.*, 2022). Como elemento fundamental no solo, a fauna edáfica desempenha importantes funções nos ecossistemas, como a ciclagem de nutrientes, fragmentação de resíduos orgânicos, influência nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), aeração, mobilização de nutrientes e participação nos ciclos biogeoquímicos (POMPEO *et al.*, 2020b; MANU *et al.*, 2022). Desta forma, beneficia as propriedades do solo, as quais podem afetar seu comportamento em virtude de alterações ocasionadas pelo uso e manejos do solo, destacando-se como indicadora de sua qualidade (FERREIRA *et al.*, 2019; CASARIL *et al.*, 2019).

Os efeitos dos sistemas produtivos podem promover alterações variáveis sobre a fauna edáfica (ZAGATTO *et al.*, 2019; KUBIAK *et al.*, 2022). Sistemas agrícolas com estrutura ambiental semelhantes as observadas em locais de reduzida antropização tendem a apresentar melhor estrutura da comunidade de invertebrados edáficos (GUALBERTO *et al.*, 2021). Assim, as condições edáficas promovidas pelo SPD, estabelecem um ambiente favorável à fauna do solo (FERREIRA *et al.*, 2019) o qual pode ser potencializado pelo controle mecânico de erosão (SBARAINI *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2019).

No Brasil, estes manejos são consolidados e fortemente difundidos (POSSAMAI *et al.*, 2022; TELLES *et al.*, 2019) e, embora nos últimos anos, os estudos realizados com o objetivo de analisar os atributos biológicos do solo tenham aumentado significativamente, buscando a compreensão integrada dos processos que ocorrem no solo, são incipientes os estudos de longo prazo que abordem seu comportamento em áreas cultivadas em SPD associado ao controle mecânico de erosão. Esse questionamento é válido, considerando que se difundiu equivocadamente a adoção do SPD sem terraceamento, em que a ausência de preparo do solo e a cobertura permanente não são suficientes para conter a erosão hídrica (DENARDIN *et al.*, 2008; LEITE *et al.*, 2018) especialmente em eventos de chuvas de alta intensidade e em terrenos com rampas longas ou de declividade acentuada (WANG *et al.*, 2017). Nessas situações, é possível ocorrer à remoção da palhada através do escoamento superficial, o que agrava a perda de água, nutrientes e de matéria orgânica (FIGUEIREDO *et al.*, 2021), podendo refletir negativamente sobre a abundância e diversidade da fauna edáfica.

Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar a comunidade da fauna edáfica em áreas cultivadas em SPD com e sem controle mecânico de erosão

mediado por terraços.

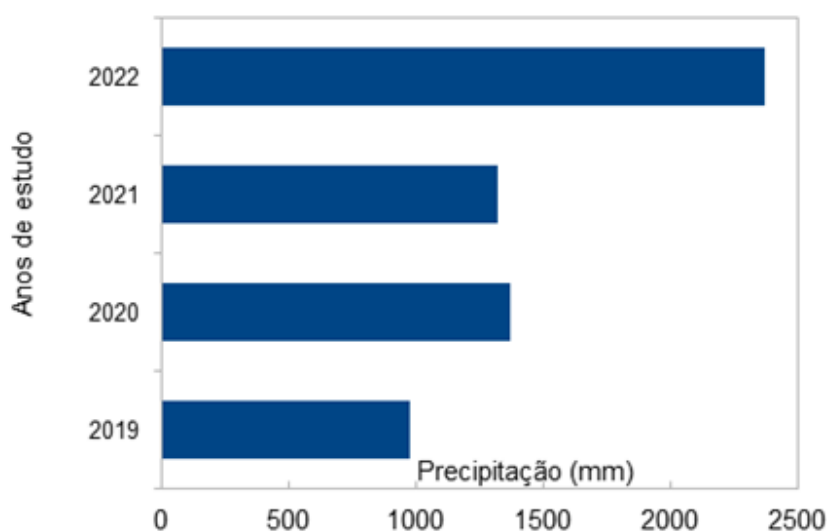
## 5.2 Material e métodos

### 5.2.1 Descrição da área de estudo e delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, no município de Dois Vizinhos, região Sudoeste do estado do Paraná. O solo é classificado como Nitossolo (SANTOS *et al.*, 2018) e o clima é caracterizado por Köppen-Geiger como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com temperaturas médias abaixo de 18 °C no mês frio e no mês quente acima de 22 °C, com verões quentes sem estação seca definida, e média de 2000 mm anuais para a precipitação (ALVARES *et al.*, 2013).

A precipitação pluviométrica anual acumulada, durante a condução do estudo, foi obtida na estação meteorológica de observação de superfície convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Dois Vizinhos – PR, cujos dados são apresentados na (Figura 09).

**Figura 09 - Precipitação anual acumulada em milímetros no período de 2019 a 2022 nas áreas de estudo localizadas no município de Dois Vizinhos – Paraná**

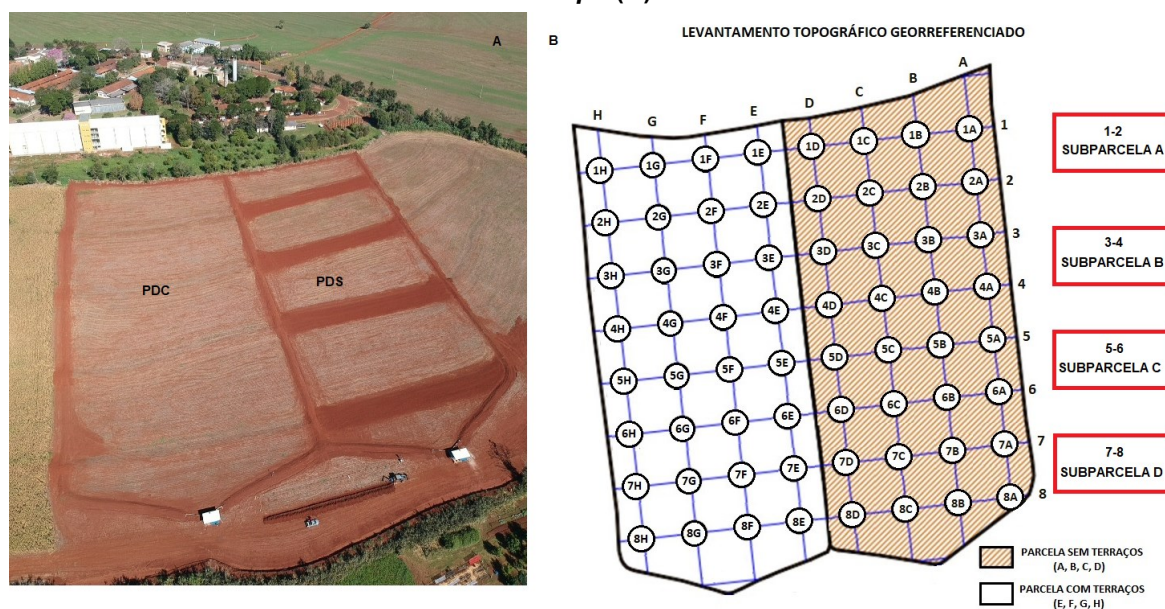


Fonte: autoria própria (2023)

O experimento foi instalado no ano de 2019 considerando duas áreas agrícolas distintas (parcelas experimentais), sendo: uma com sistema de plantio direto com controle mecânico de erosão (PDC), e a outra área sem controle de erosão (PDS) (Figura 10A). Cada área tem a dimensão de 1,9 hectares e as práticas conservacionistas como o Sistema Plantio Direto (SPD) e o sistema de terraceamento já eram desenvolvidos a longo prazo antes da instalação do experimento. Dessa forma, para a execução deste estudo, uma das áreas teve os terraços removidos. A parcela PDC apresenta declividade média de 8,98%, enquanto a parcela PDS, 8,62%. Durante o estudo, os cultivos conduzidos foram soja, trigo, aveia e centeio.

Buscando avaliar o efeito do comprimento da rampa e sua interação com o sistema de terraceamento, a área experimental, foi seccionada em 4 subparcelas de duas linhas cada ao longo do declive, caracterizando, um delineamento bifatorial 4x2 (2 sistemas de uso e 4 diferentes posições na paisagem) (Figura 10B).

**Figura 10- A - Vista aérea da área de lavoura conduzida em Sistema Plantio Direto com e sem terraceamento (A) e grid amostral para coleta da fauna edáfica utilizando armadilhas *Pitfall Traps* (B)**



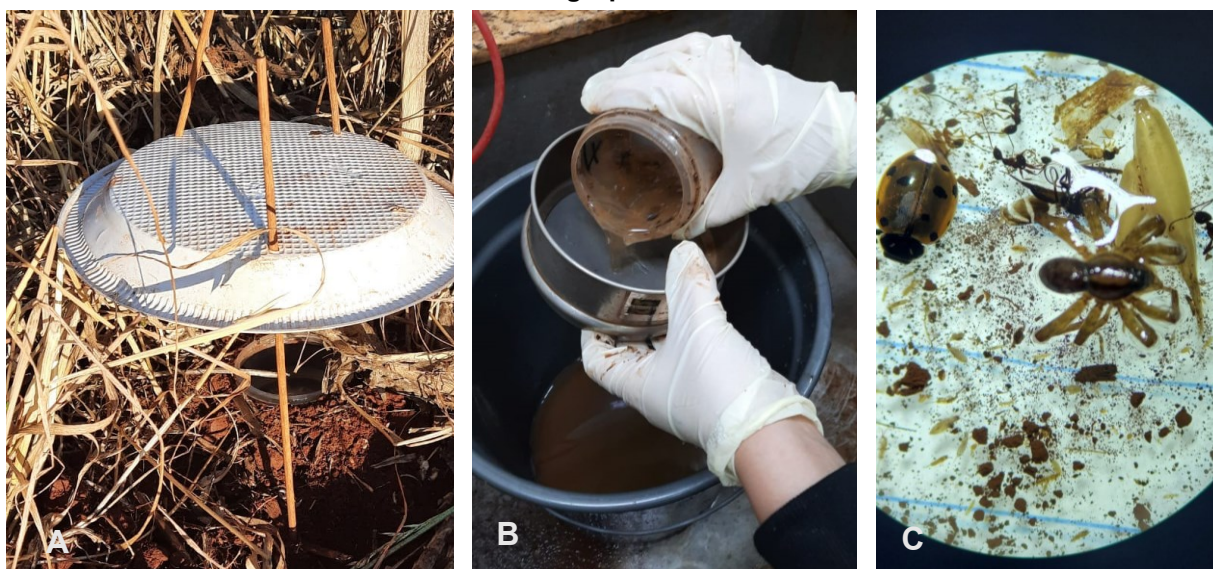
Grupo de Pesquisa em Ciência do Solo – UTFPR/DV (2019)



### 5.2.2 Coleta e classificação da fauna edáfica

A amostragem da fauna edáfica foi realizada uma vez ao ano no mês de outubro no período de 2019 a 2022 no período que antecede o plantio de culturas anuais, totalizando 4 amostragens. Em cada parcela experimental foram instaladas 32 armadilhas “*Pitfall traps*” (MOLDENKE, 1994), com espaçamento de 25 m entre pontos e 25 m entre linhas (Figura 11A).

**Figura 11 A) - Armadilha *Pitfall Traps* instalada na área experimental; B) - Limpeza das amostras para armazenamento. C) - Classificação taxonômica da fauna edáfica em grandes grupos**



Fonte: autoria própria (2022)

Cada armadilha consiste em um recipiente plástico de 250 ml preenchido em 1/3 do seu volume como solução conservante de formol 4%. As armadilhas foram instaladas, mediante abertura de um orifício no solo com largura e profundidade suficientes para fixar os recipientes plásticos com o auxílio de trado holandês, de forma que a borda esteja nivelada com a superfície do solo. Para evitar a entrada da água da chuva e, conseqüentemente, o comprometimento da qualidade das amostras, as armadilhas foram cobertas com pratos plásticos fixados com palitos de madeira, formando uma cobertura. (Figura 11A). Após sete dias da instalação, as armadilhas foram removidas da área experimental e seu conteúdo foi individualmente lavado com água corrente em peneira com abertura de malha fina (270 mesh) e armazenadas em recipientes com solução de álcool etílico a 70%

(Figura 11B). Os organismos amostrados foram classificados ao menor nível taxonômico possível com auxílio de microscópio estereoscópico, e chaves dicotômicas de classificação para obtenção do número total de táxons (riqueza) e a abundância de organismos em cada táxon (TRIPLEHORN, 2011) (Figura 11C).

### 5.2.3 Análise dos dados

Após a classificação e contagem dos organismos capturados, foram calculadas a frequência relativa e a abundância média por grupo taxonômico. Para os dados de abundância foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Como os pressupostos para normalidade não foram atendidos, os dados foram transformados por  $\sqrt{x}$  ou  $\log(x+1)$  seguido da comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o software Rbio (BHERING, 2017). Para a comparação das áreas em termos de diversidade, foram calculados os índices ecológicos de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) através do software Past versão 4.03 (HAMMER *et al.*, 2001). Buscando a melhor visualização da distribuição dos organismos e diferenciação entre os tratamentos, foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA) também utilizando o software Past versão 4.03.

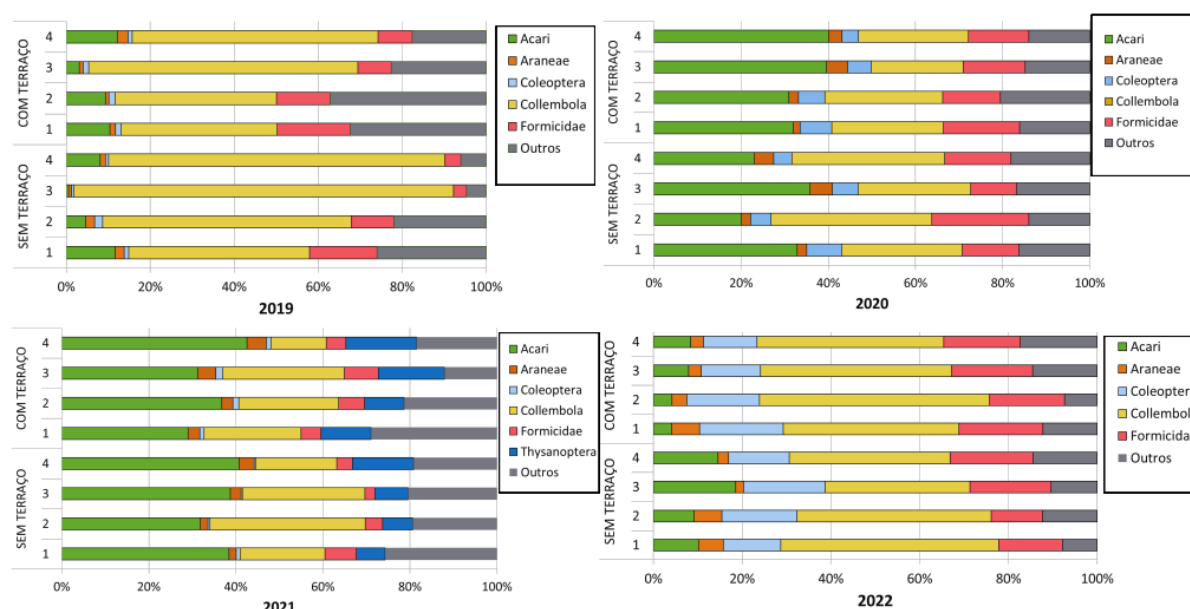
## 5.3 Resultados e Discussão

Foram amostrados ao total 107.287 organismos, sendo 59.078 indivíduos na coleta de 2019, 18.321 em 2020, 21.286 em 2021 e, 8.602 em 2022, distribuídos em 20 grupos taxonômicos: Acari, Araneae, Blattodea, Chilopoda, Coleoptera, Collembola, Dermaptera, Diplopoda, Diptera, Formicidae, Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Lepidoptera, Orthoptera, Thysanoptera, Thysanura, larvas e ninfas.

Os grupos com maior frequência ao longo dos quatro anos de estudo, em ambas as áreas experimentais foram Collembola, Acari, Formicidae, Araneae e Coleoptera, sendo que os grupos de menor frequência foram agrupados na categoria “outros”, justificando sua elevada frequência em todas as amostragens nas

duas áreas de estudo (Figura 12). Nos anos de 2019 e 2022 há dominância da classe Collembola, enquanto nos anos 2020 e 2021, há elevada frequência da ordem Acari, nas duas áreas de estudo, distribuídas de forma dominante ao longo das subparcelas. Destaca-se que no ano de 2021 houve elevada frequência da ordem Thysanoptera, a qual não se mostrou representativa nas demais amostragens. Observa-se ainda, no ano de 2022, a elevada frequência da ordem Coleoptera.

**Figura 12 - Frequência relativa de grupos taxonômicos encontrados em áreas de plantio direto com e sem terraceamento**



Fonte: autoria própria (2023)

Considerando a frequência dos organismos de acordo com as áreas e anos de estudo (Figura 12), os grupos mais frequentes (Collembola, Acari, Formicidae, Araneae e Coleoptera) estão diretamente relacionados às características promovidas pelo SPD adotado em ambas as áreas. Da Silva *et al.* (2022) apontou em seu estudo que o aporte de resíduos orgânicos adicionados ao solo, influenciados pelo sistema de plantio direto, afeta positivamente o desenvolvimento de alguns grupos edáficos, incluindo os previamente citados. Os autores descreveram ainda que a abundância, bem como, a frequência de determinados organismos, é alterada pelo tipo do sistema de cultivo adotado, modificando sua composição quando há manutenção da serapilheira, produção de biomassa da parte aérea e do sistema radicular. Estas condições são facilmente alcançadas em áreas

conduzidas em sistema de plantio direto, justificando a elevada frequência de alguns grupos edáficos, considerando que ambas as áreas apresentam longo histórico de adoção deste tipo de sistema. Melo *et al.* (2019) apontam que esses resultados encontram embasamento na hipótese de que os sistemas que garantem adequados teores de carbono orgânico no solo e no ambiente rizosférico favorecem a diversidade da fauna edáfica e a qualidade ambiental.

Em 2019 e 2022, ambas as áreas estudadas apresentaram alta abundância de Collembola, corroborando a literatura (GÓES *et al.*, 2021), onde em áreas de lavoura com azevém/soja e pastagem, foi verificado maior abundância de colêmbolos, himenópteros e ácaros. Neste mesmo viés (CAMACHO *et al.*, 2022), destaca as elevadas frequências do grupo em sistemas de rotação e sucessão de culturas, nas quais há maior quantidade e variedade de cobertura vegetal, indicando que a manutenção da comunidade edáfica, depende da vegetação e da qualidade da serapilheira. Ressalta-se que até o ano de 2019 (primeiro ano do estudo), as áreas vinham de um sistema conservacionista com a união de práticas de plantio direto e terraceamento, com rotações de culturas, o que favorece a elevada ocorrência de alguns grupos. O segundo grupo mais representativo foi a ordem Acari, mais frequente nos anos de 2020 e 2021. Sua elevada frequência pode estar atrelada a quantidade e qualidade da biomassa vegetal destas áreas, considerando que muitas espécies desse grupo são fitófagas (CARVALHO *et al.*, 2018).

A ordem Coleoptera também foi um grupo representativo ao longo do estudo, principalmente no ano de 2022. Esse resultado pode estar relacionado à característica do grupo que ocupa diferentes níveis tróficos (KITAMURA *et al.*, 2020), estabelecidos pelo histórico da área. Considerando o hábito de predador de algumas famílias, contribuem para a regulação da população de insetos, normalmente encontrados em grande número em áreas agrícolas (SANTOS *et al.*, 2017). A maior frequência da ordem Araneae no ano de 2022 pode estar atrelada ao tempo de condução do estudo, no qual a palhada proporcionada pelo SPD contribuiu para uma composição mais consolidada de elementos no agroecossistema, oferecendo habitats adequados para sua reprodução e criação de refúgios (SILVA *et al.*, 2022). As aranhas são organismos predadores que auxiliam na regulação das populações de outros grupos presentes nestas áreas, contribuindo para o equilíbrio dos ecossistemas (SANTOS *et al.*, 2020a).

A família Formicidae, por sua vez, foi mais frequente em 2020 e 2022, sendo destaque em áreas com deposição de serrapilheira (SANTOS *et al.*, 2020a). No solo atuam na redistribuição de partículas da matéria orgânica, contribuindo para a melhoria da infiltração de água e pelo aumento da porosidade e aeração (MACHADO *et al.*, 2015; REMELLI *et al.*, 2019). De forma isolada, a ordem Thysanoptera mostrou-se um grupo representativo no ano de 2021. Alterações na serrapilheira e principalmente a composição vegetal interferem na dinâmica desse grupo (SANTOS *et al.*, 2020b). A falta de chuva nos anos iniciais pode ter afetado a dinâmica vegetal, reduzindo o aporte de material orgânico ao solo, e por consequência, uma ocorrência mais acentuada do grupo, em virtude desse distúrbio. Neste contexto, Rueda-Ramírez *et al.* (2021), associou a presença de determinadas espécies desse grupo as perturbações no ambiente em que estão inseridos, destacando a temperatura e a precipitação como fatores relacionados.

A elevada frequência da categoria “outros” em todos os períodos de amostragem está diretamente ligada a alta ocorrência de indivíduos adultos da ordem Diptera, os quais apesar de considerados não edáficos na fase adulta, são abundantes em diversos agroecossistemas, pois algumas famílias depositam suas larvas em áreas onde há elevada concentração de matéria orgânica em decomposição (ROSA *et al.*, 2015). Sua elevada ocorrência pode estar atrelada ao hábito saprófago do grupo, que atua sobre materiais vegetais e favorece o processo de decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (FORSTALL-SOSA *et al.*, 2021), encontrando condições favoráveis nas áreas de SPD estudadas.

Em relação ao teste de médias, não foi observada interação entre os sistemas de plantio direto com e sem terraço e as subparcelas a partir da análise bifatorial. Logo, os efeitos observados são independentes dos fatores (Tabela 06).

A abundância média dos organismos edáficos não apresentou interações, no entanto, foram observadas algumas diferenças significativas entre as áreas de plantio direto com terraço (PDC) e plantio direto sem terraço (PDS) para alguns grupos ao longo dos anos de estudo (Tabela 06). No ano de 2019 o grupo Collembola apresentou diferença significativa da área PDS em relação a área PDC. Para o grupo “Outros” a maior média foi encontrada para PDC, diferindo significativamente de PDS. No ano de 2020 não foram observadas diferenças significativas entre as áreas para nenhum dos grupos edáficos. Em 2021, os grupos Acari e Collembola apresentaram diferenças significativas para a área PDS,

enquanto Coleoptera apresentou maior média na área PDC. Já no ano de 2022, apenas a ordem Acari diferiu significativamente entre as áreas, com maior abundância média em PDS.

**Tabela 06 - Abundância média de organismos edáficos por grupo taxonômico associados a áreas de plantio direto com e sem terraceamento**

2019							
	Acari <sup>2</sup>	Araneae <sup>2</sup>	Coleoptera <sup>2</sup>	Collembola <sup>1</sup>	Formicidae <sup>1</sup>	Outros <sup>2</sup>	
Sem Terraço	53,41 <sup>n.s.</sup>	14,31 <sup>n.s.</sup>	9,59 <sup>n.s.</sup>	810,56 <sup>a</sup>	66,09 <sup>n.s.</sup>	115,75 <sup>b</sup>	
Com Terraço	66,75	11,00	9,88	394,5 <sup>b</sup>	85,25	209,09 <sup>a</sup>	
Média	60,08	12,66	9,73	602,53	75,67	162,42	
C.V. 1(%)	77,66	29,38	28,44	44,43	35,5	17,51	
Subparcela A	59,94 <sup>a</sup>	9,56 <sup>b</sup>	6,5 <sup>b</sup>	218,5 <sup>b</sup>	91,13 <sup>n.s.</sup>	158,94 <sup>n.s.</sup>	
Subparcela B	56,88 <sup>a</sup>	11,5 <sup>b</sup>	13,38 <sup>a</sup>	382,75 <sup>b</sup>	91,81	239,88	
Subparcela C	17,5 <sup>b</sup>	10,19 <sup>b</sup>	9,94 <sup>b</sup>	1025 <sup>a</sup>	59,31	135,19	
Subparcela D	106,00 <sup>a</sup>	19,38 <sup>a</sup>	9,13 <sup>b</sup>	783,88 <sup>a</sup>	60,44	115,69	
Média	61,75	14,78	9,53	904,44	59,88	125,44	
C.V. 2(%)	62,12	25,65	33,73	41,56	32,05	18,97	
2020							
	Acari <sup>1</sup>	Araneae <sup>2</sup>	Coleoptera <sup>2</sup>	Collembola <sup>2</sup>	Formicidae <sup>2</sup>	Outros <sup>2</sup>	
Sem Terraço	76,81 <sup>n.s.</sup>	9,69 <sup>n.s.</sup>	15,75 <sup>n.s.</sup>	91,03 <sup>n.s.</sup>	44,88 <sup>n.s.</sup>	46,22 <sup>n.s.</sup>	
Com Terraço	103,31	8,78	15,91	71,09	41,72	47,34	
Média	90,06	9,23	15,83	81,06	43,3	46,78	
C.V. 1(%)	49,1	32,62	21,27	13,91	16,66	9,98	
Subparcela A	78,25 <sup>n.s.</sup>	4,56 <sup>n.s.</sup>	18,50 <sup>n.s.</sup>	64,38 <sup>n.s.</sup>	36,38 <sup>n.s.</sup>	39,19 <sup>n.s.</sup>	
Subparcela B	81,63	7,00	17,19	103,56	57,56	55,38	
Subparcela C	103,06	13,56	15,38	62,81	34,25	42,69	
Subparcela D	97,31	11,81	12,25	93,5	45	49,88	
Média	100,19	12,69	13,81	78,16	39,63	46,28	
C.V. 2(%)	47,43	40,11	24,33	14,84	16,9	11,27	
2021							
	Acari <sup>2</sup>	Araneae <sup>2</sup>	Coleoptera <sup>1</sup>	Collembola <sup>2</sup>	Formicidae <sup>2</sup>	Thysanoptera <sup>2</sup>	Outros <sup>1</sup>
Sem Terraço	135,72 <sup>a</sup>	8,47 <sup>n.s.</sup>	1,75 <sup>b</sup>	97,47 <sup>a</sup>	15,41 <sup>n.s.</sup>	31,72 <sup>n.s.</sup>	76,75 <sup>n.s.</sup>
Com Terraço	102,75 <sup>b</sup>	10,25	3,69 <sup>a</sup>	65,09 <sup>b</sup>	17,19	38,38	60,56
Média	119,23	9,36	2,72	81,28	16,3	35,05	68,66
C.V. 1(%)	15,35	27,57	25,81	27,35	40,85	23,46	40,01
Subparcela A	106,38 <sup>n.s.</sup>	6,94 <sup>n.s.</sup>	2,88 <sup>n.s.</sup>	66,13 <sup>b</sup>	18,56 <sup>n.s.</sup>	28,81 <sup>n.s.</sup>	86,25 <sup>a</sup>

Subparcela B	129,5	8,06	2,94	117,75 <sup>a</sup>	18,31	29,63	77,25 <sup>a</sup>
Subparcela C	118,19	11,00	3,00	93,94 <sup>a</sup>	16,44	37,31	55,43 <sup>b</sup>
Subparcela D	122,88	11,44	2,06	47,31 <sup>b</sup>	11,88	44,44	55,68 <sup>b</sup>
Média	120,53	11,22	2,53	70,63	14,16	40,88	55,56
C.V. 2(%)	18,48	27,07	31,27	28,51	37,82	25,57	26,58

2022						
	Acari <sup>2</sup>	Araneae <sup>2</sup>	Coleoptera <sup>2</sup>	Collembola <sup>2</sup>	Formicidae <sup>2</sup>	Outros <sup>2</sup>
Sem Terraço	17,84 <sup>a</sup>	5,44 <sup>n.s.</sup>	20,97 <sup>n.s.</sup>	55,25 <sup>n.s.</sup>	21,41 <sup>n.s.</sup>	15,25 <sup>n.s.</sup>
Com Terraço	7,63 b	5,16	20,59	59,88	23,53	15,88
Média	12,73	5,3	20,78	57,56	22,47	15,56
C.V.1(%)	55,88	35,05	24,78	15,25	20,38	24,82
Subparcela A	10,06 <sup>n.s.</sup>	8,13 <sup>a</sup>	21,56 <sup>n.s.</sup>	61,25 <sup>n.s.</sup>	22,56 <sup>n.s.</sup>	13,63 <sup>n.s.</sup>
Subparcela B	9,88	7,19 <sup>a</sup>	26,44	77,19	23,44	14,94
Subparcela C	16,94	2,81 <sup>b</sup>	19,88	46,31	22,63	15,25
Subparcela D	14,06	3,06 <sup>b</sup>	15,25	45,5	21,25	18,44
Média	15,5	2,94	17,56	45,91	21,94	16,84
C.V. 2(%)	58,73	33,98	23,7	16,26	22,59	15,69

**Notas:** <sup>1</sup>Dados transformados  $\sqrt{(x)}$ ; <sup>2</sup>Dados transformados em  $\log(x+1)$ ; PDS: plantio direto sem terraços; PDC: plantio direto com terraços; CV1: Coeficiente de variação refere-se às parcelas principais; CV2: Coeficiente de variação refere-se às subparcelas; Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; ns significa não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.  
Fonte: autoria própria (2023)

É possível que a ausência de interação entre os fatores avaliados esteja associada aos baixos índices pluviométricos registrados nos três anos iniciais do estudo (Figura 9). Essa observação é pertinente ao considerar que a erosão hídrica é uma das principais fontes da degradação do solo, ocasionando problemas em solos agrícolas, principalmente pela remoção das camadas mais superficiais do solo (SILVA et al., 2019), capaz de promover efeitos negativos sobre a fauna do solo (TRINDADE-SANTOS et al., 2021). Sendo assim, a junção de práticas conservacionistas de cobertura do solo associadas às práticas mecânicas de controle do escoamento superficial de água, como o terraceamento, são imprescindíveis ao controle dos processos erosivos. Neste contexto, Sbaraini et al. (2022) apontam a partir de seus estudos que o uso do SPD e do terraceamento resultam na ausência de sinais de erosão de solo, destacando, que embora exista a

difusão equivocada de que uma prática anula a outra, os resultados reportados demonstram o contrário.

Considerando os resultados obtidos para ambos os sistemas (Tabela 06), a área PDC, mostrou-se distinta em relação ao grupo “Outros” no ano de 2019 e Coleoptera no ano de 2021. Os coleópteros são sensíveis aos preparos do solo podendo ser reduzidos em áreas de cultivo (GÓES et al., 2021), ou seja, possíveis perdas de solo oriundas de processos erosivo, poderia ocasionar alterações desse grupo. O benefício do associado ao plantio direto, contribui com o resultado observado, corroborando com o descrito por (DESIE et al., 2020), ao apontar que as características das atividades conservacionistas são pilares da promoção do equilíbrio do ecossistema edáfico.

Além disso, as ordens Collembola em 2019 e 2021 e Acari em 2021 e 2022 diferiram significativamente para a área do PDS em comparação com o PDC. A remoção dos terraços em 2019 pode ser um fator determinante para este resultado. Áreas antropizadas apresentam maior frequência deste grupo (BALIN et al., 2017). Adicionalmente, a perturbação e simplificação do habitat, pode ter contribuído para redução do número dos predadores de Collembola, favorecendo-os (MORENTE et al., 2018). No ano de 2021, a abundância média para o grupo foi inferior à observada em 2019, possivelmente pela consolidação da área, com a melhoria das condições do solo (VINCENT et al., 2018). Os ácaros possuem estreita relação com atributos físicos do solo, como na porosidade, aeração, infiltração de água e no funcionamento biológico do solo, portanto, a presença desses organismos em áreas de PDS em períodos de elevada precipitação pode contribuir na recuperação de possíveis impactos ocasionados (GÓES et al., 2021). Sua ocorrência pode ser facilmente afetada por recursos espacialmente imprevisíveis, como a adição de resíduos ao solo que sustentam suas comunidades, ocasionando picos populacionais (SCHEUNEMANN et al., 2015).

Embora existam variáveis que não apresentam diferenças significativas ao longo dos anos, possivelmente em consequência da similaridade das áreas, visto que ambas adotam práticas conservacionistas, as diferenças aqui relatadas em apenas quatro anos de estudo, demonstram os benefícios da junção das práticas de SPD e terraceamento para alguns grupos edáficos. No entanto, ainda há limitações do ponto de vista científico, pois são escassos os trabalhos que avaliem de forma simultânea as duas práticas.



Em relação às subparcelas (Tabela 06), foram observadas diferenças significativas, consequência de variáveis independentes. No ano de 2019, o grupo Acari apresentou as maiores médias para as subparcelas A, B e D, em relação a C, enquanto a ordem Araneae apresentou-se significativamente distinta para D em relação a A, B e C. A ordem Coleoptera, por sua vez, apresentou maior média na subparcela B em relação a A, C e D. Neste mesmo período o grupo Collembola apresentou maiores médias associadas às subparcelas C e D, diferindo-se estatisticamente de A e B. No ano de 2020 não foram observadas diferenças estatísticas significativas para as subparcelas. Em 2021, as diferenças foram observadas para o grupo Collembola nas subparcelas B e C em relação a A e D, enquanto na categoria “outros” as subparcelas A e B diferiram de C e D. Para o ano de 2022, apenas a ordem Araneae apresentou diferenciação entre as subparcelas, com médias superiores em A e B em relação a C e D.

Considerando as diferenças observadas entre as subparcelas, é possível que alguns grupos tenham se sobressaído em relação a outros em relação à posição na rampa em função de seus hábitos ou características. Contemplando a ausência de interação do declive com a presença ou ausência de terraços, as diferenças encontradas aparentam estar associadas a condições pontuais favoráveis destes locais, considerando que o equilíbrio da abundância entre os grupos funcionais, contribui ao fortalecimento em relação aos fatores abióticos adversos (SOUZA *et al.*, 2017). A relação de equilíbrio da abundância de organismos pode ser uma variável de interferência para alguns grupos. Em 2019, a ordem Acari apresentou diferenças significativas nas subparcelas A, B e D. Estudos apontam que o grupo está comumente associado à ocorrência de grupos predadores, coincidindo com abundância de aranhas na subparcela A (SILVA *et al.*, 2022; PEDRO *et al.*, 2020). Os hábitos alimentares, também podem ser um fator associado à abundância de colêmbolos nos anos de 2019 e 2021, baseado no sistema de produção adotado nas áreas. Em nenhum dos anos citados esse grupo de organismos se sobressaiu na linha A, ou seja, início da lavoura, em que houve maior influência de manejos mecanizados e conseqüentemente alterações nas características do solo (GEBREMIKAEL *et al.*, 2016).

Em relação aos índices ecológicos de diversidade (Tabela 07), observa-se que a riqueza de grupos foi similar entre as duas áreas de estudo em cada ano. Contudo, no ano de 2021 há maior número de grupos associados a ambas as áreas

em relação aos anos anteriores. Neste mesmo ano observa-se os maiores valores para o índice de diversidade de Shannon em todas as subparcelas na área com terraceamento. A abundância foi maior nas duas áreas de estudo no ano de 2019 em comparação aos anos subsequentes, em que ocorre, de forma geral, redução progressiva no número de indivíduos amostrados (Tabela 07). O índice de Pielou foi superior na área com terraço e suas subparcelas ao longo dos anos, com exceção do ano de 2022, em que se observa maior similaridade entre as áreas.

**Tabela 07 - Riqueza de grupos taxonômicos, abundância total, índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade de Pielou (J') para a fauna edáfica em áreas de plantio direto com e sem terraceamento**

2019								
	SEM TERRAÇO- PDS				COM TERRAÇO – PDC			
Subparcelas	A	B	C	D	A	B	C	D
Riqueza total	12	12	12	11	11	11	13	14
Abundância total	4360	5929	13315	10627	4353	6810	6799	6885
(H')	1,566	1,347	0,470	0,807	1,570	1,546	1,175	1,358
(J')	0,630	0,542	0,189	0,337	0,655	0,645	0,458	0,515
2020								
Riqueza total	10	11	12	14	10	9	11	13
Abundância total	2053	2656	1881	2510	1807	2501	2467	2446
(H')	1,655	1,618	1,710	1,711	1,702	1,692	1,681	1,667
(J')	0,719	0,675	0,688	0,648	0,739	0,770	0,701	0,650
2021								
Riqueza total	15	15	14	14	16	15	12	14
Abundância total	2488	3726	2874	2665	2567	2409	2491	2066
(H')	1,733	1,598	1,602	1,669	1,792	1,730	1,796	1,734
(J')	0,640	0,590	0,607	0,632	0,646	0,639	0,723	0,657
2022								
Riqueza total	13	13	12	14	13	13	12	14
Abundância total	1167	1032	1074	1084	1028	1513	907	797
(H')	1,568	1,678	1,778	1,797	1,682	1,458	1,731	1,799
(J')	0,611	0,654	0,716	0,681	0,656	0,569	0,697	0,682

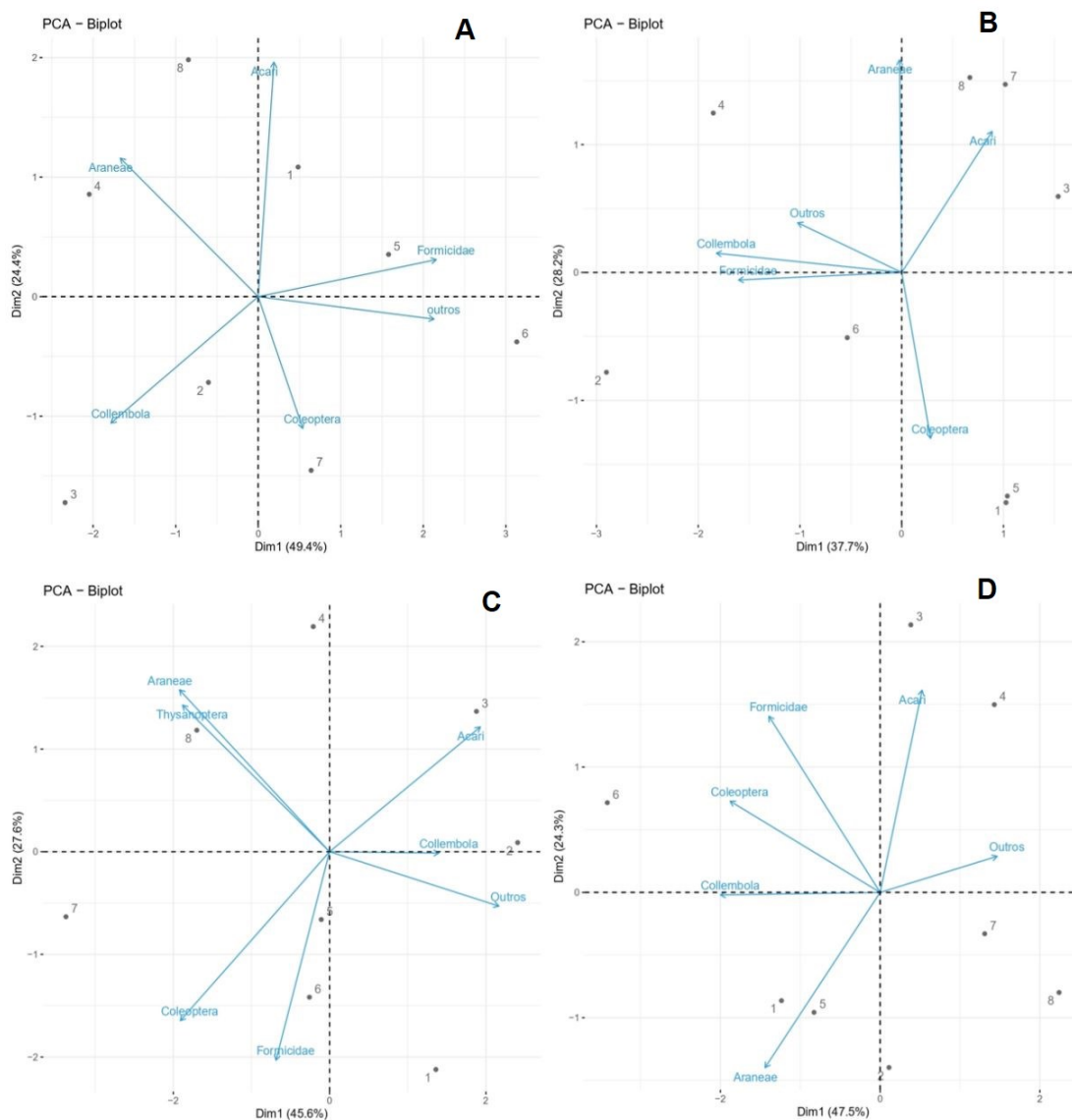
Fonte: autoria própria (2023)

Os índices ecológicos foram semelhantes em relação à área e ao tempo, principalmente a riqueza, embora haja maior número de grupos associados às áreas

no ano de 2021. A riqueza indica a variabilidade de grupos de organismos presentes em determinada área. Estudos apontam que sistemas de base agroecológicos ou conservacionistas, que fomentam a regulação interna, apresentam aumento da sua diversidade (SILVA *et al.*, 2023), neste mesmo período, principalmente na área PDC. A uniformidade foi pouco variável ao longo do estudo, embora tenha demonstrado resultados mais promissores na área PDC. Considerando a associação de colêmbolos a áreas antropizadas (BALIN *et al.*, 2017), sua elevada frequência associada à área PDS, principalmente no ano de 2019, contribuiu para a redução da uniformidade. No ano de 2022, a similaridade observada entre as áreas para o índice de Pielou, pode estar associada às chuvas intensas no período de coleta, afetando a dinâmica dos organismos, bem como sua abundância.

A análise de componentes principais (PCA) permitiu compreender a distribuição da fauna edáfica nas áreas de estudo ao longo dos quatro anos (Figuras 13A a 13D).

**Figura 13 – Análise de componentes principais (PCA) referente aos grupos taxonômicos da fauna edáfica associados às áreas de plantio direto com e sem terraceamento**



**Notas: 2019 (A), 2020 (B), 2021 (C) e 2022 (D) 2021; D: 2022. Os números de 1 a 4 indicam a área PDS e os números de 5 a 8 indicam PDC. Dim1: Componente principal 1; Dim2: Componente principal 2**

**Fonte: autoria própria (2023)**

A PCA de 2019 explicou 73,8% da variabilidade total, com o PC1 explicando 49,4% e o PC2 explicando 24,4% (Figura 13A). Neste período pode-se observar a diferença entre o PDS e o PDC para Araneae e Collembola com o PDS e Formicidae e Coleoptera com o PDC. Em 2020, a PCA explicou 65,9% da variabilidade dos dados, com a PC1 explicando 37,4% e a PC2 explicando 28,2% (Figura 13B), sem diferenciação clara entre áreas. Entretanto, os grupos Collembola e Formicidae

mostraram-se associados ao PDS e Acari ao PDC. No terceiro ano (ou seja, 2021), a PCA explicou 73,2% da variabilidade dos dados, sendo 45,6% explicada pela PC1 e 27,6% pela PC2 (Figura 13C), com diferenciação entre áreas. Neste período, a área PDS estava associada a Acari, Collembola e “Outros”, enquanto a área PDC estava associada a Araneae, Thysanoptera, Coleoptera e Formicidae. Em 2022, a PCA explicou 71,8% da variabilidade, com PC1 explicando 47,5% e PC2 explicando 24,3% (Figura 13D), sem diferenciação clara entre áreas. Associados a PDS, estão os grupos Acari e “outros”, e a PDC, Coleoptera e Formicidae.

Resultados similares foram observados por Silva *et al.* 2022, ao identificar grupos como Araneae e Coleopteros em dissimilaridade em áreas com sistemas conservacionistas (FORSTALL-SOSA *et al.*, 2021), sugere que abundância de predadores, engenheiros do ecossistema, decompositores e herbívoros, é promovida por determinadas composições vegetais. Características promovidas pela adoção do SPD ao ambiente delimitam a ocorrência de determinados grupos, como o caso dos predadores, em áreas com provisão de habitat para altos níveis tróficos, além da alta biomassa que serve de refúgio para esses organismos (PEDRO *et al.*, 2020). Sendo assim, os engenheiros do ecossistema e transformadores de serapilheira também são beneficiados pela estruturação do solo auxiliando outros grupos a se estabelecer no ecossistema (MELO *et al.*, 2019; SOFO *et al.*, 2020).

Os resultados destacam a importância de considerar o efeito das práticas conservacionistas, com ênfase no SPD sobre o componente biológico do solo representado pela fauna edáfica, considerando o importante papel da fauna edáfica como elemento essencial do funcionamento do ecossistema, associado à sua capacidade indicadora da qualidade ambiental.

#### **5.4 Conclusão**

Os resultados mostraram que não ocorreu interação entre o sistema plantio direto com e sem terraceamento e a posição espacial ao longo da rampa, embora alguns grupos tenham sido beneficiados pelos terraços. Além disso, o sistema plantio direto com terraços proporcionou melhor uniformidade biológica. A redução da abundância ao longo do tempo pode estar associada à padronização das áreas.

## 6. COMUNIDADE DE COLEÓPTEROS EDÁFICOS ASSOCIADA A FRAGMENTO FLORESTAL E ÁREAS CULTIVADAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COM E SEM CONTROLE MECÂNICO DE EROÇÃO

### 6.1 Introdução

Os organismos edáficos são caracterizados por sua grande diversidade e funções que desempenham no solo (SILVA *et al.*, 2023; LOPES *et al.*, 2023; FORSTALL-SOSA *et al.*, 2021), evidenciando a importância de caracterizá-los nesse ecossistema (SILVA *et al.*, 2022). Entre eles, a fauna do solo compreende organismos invertebrados de diferentes grupos taxonômicos e funcionais (CALÓ *et al.*, 2022), que atuam na ciclagem de nutrientes, fragmentação de resíduos orgânicos, nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), aeração, mobilização de nutrientes e nos ciclos biogeoquímicos (POMPEO *et al.*, 2020b; MANU *et al.*, 2022).

Entre os grupos edáficos associados a importantes serviços ecossistêmicos, destaca-se a ordem Coleoptera, cujos representantes são valiosos contribuintes ao manejo integrado de pragas, atuando como indicadores de distúrbios agrícolas, dentre outras funções, principalmente associadas a seus hábitos alimentares, como a decomposição e transformação da serapilheira (PORTER *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2022). Essa ordem representa o grupo de animais mais diverso do mundo (AMARAL *et al.*, 2019), com cerca de 350 mil espécies (ERWIN, 1982; BORROR *et al.*, 2005; FRAGOSO *et al.*, 2023), das quais, 32.000 são descritas no Brasil, distribuídas em 114 famílias (MONNÉ e COSTA, 2022).

Os coleópteros são utilizados como indicadores biológicos, pois são capazes de responder às alterações advindas das atividades antrópicas, respondendo às mudanças ambientais (BERNARDES *et al.*, 2020). A ocorrência e complexidade biológica desse grupo em áreas agrícolas está diretamente ligada a vegetação e ao manejo do solo (GALINDO *et al.*, 2022). Nesse contexto, a agricultura conservacionista como o Sistema de Plantio Direto (SPD), favorece o estabelecimento de comunidades da macrofauna, incluindo a dos coleópteros (ZULU *et al.*, 2022), pois contribui para manutenção da serapilheira, produção de biomassa, transformação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (SILVA *et al.*, 2022).

Nesta perspectiva, Bernardes *et al.* (2020), avaliou os efeitos da

intensificação do uso da terra em cultivos anuais conduzidos em sistema de plantio direto e cultivos perenes, e concluíram que os coleópteros são capazes de responder às mudanças ambientais, oriundas dos diferentes manejos. Ao estudar espécies de besouros rola-bosta em florestas e áreas de pastagens, Barretto *et al.* (2019), concluíram que as condições do ambiente são os principais reguladores das populações desses grupos, nas paisagens modificadas pela ação humana.

Associada as alterações do manejo, a erosão representa um problema recorrente em áreas agrícolas, pois afeta negativamente os parâmetros químicos, físicos e biológicos do solo (KRUG *et al.*, 2022). Neste contexto, o equilíbrio das populações de coleópteros em sistemas agrícolas, pode ser afetado por estas alterações ocasionadas pelas perdas de solo (GÓES *et al.*, 2021), as quais podem ser reduzidas através do controle mecânico mediado por terraços. No entanto, a literatura é insipiente quanto aos efeitos advindos da adoção conjunta do SPD e do controle mecânico por terraços, sobre as populações de coleópteros edáficos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a comunidade de coleópteros edáficos em solos submetidos ao sistema de plantio direto com e sem terracamento e fragmento de vegetação nativa.

## 6.2 Material e métodos

### 6.2.2 Descrição da área de estudo e delineamento experimental

Este estudo foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Dois Vizinhos, sudoeste do estado do Paraná. O solo é classificado como Nitossolo (SANTOS *et al.*, 2018) e o clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) segundo a classificação de Köppen, com temperaturas médias abaixo de 18 °C no inverno e acima de 22 °C no verão, sem estação seca definida, e média de 2.000 mm por ano para precipitação (ALVARES *et al.*, 2013).

A precipitação anual acumulada durante o período de estudo foi adquirida na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Dois Vizinhos (Figura 09). O experimento foi instalado no ano de 2019 considerando duas áreas agrícolas distintas, sendo: uma com sistema de plantio direto com controle mecânico de erosão (PDC), e a outra área sem controle de erosão (PDS) (Figura

10A). Cada área tem a dimensão de 1,9 hectares e as práticas conservacionistas como o Sistema de Plantio Direto (SPD) e adoção de terraços já eram desenvolvidas a longo prazo antes da instalação do experimento. Dessa forma, para a execução deste estudo, uma das áreas teve os terraços removidos. A parcela PDC apresenta declividade média de 8,98%, enquanto a parcela PDS, 8,62%. A terceira área é uma área de mata nativa (MN), cuja vegetação original é uma área de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, em estágio médio da sucessão florestal, com manchas em estágios inicial e final, sendo que já foi realizada a extração de madeira e o plantio de espécies exóticas nessa floresta.

### 6.2.2 Coleta e classificação dos coleópteros

A amostragem dos coleópteros foi realizada uma vez ao ano no mês de outubro dos anos de 2019 a 2022 no período que antecede o plantio de culturas anuais, totalizando 4 amostragens. Em cada parcela experimental foram instaladas 32 armadilhas “*Pitfall traps*” (MOLDENKE, 1994), com espaçamento de 25 m entre pontos e 25 m entre linhas (Figura 11A).

Cada armadilha consiste em um recipiente plástico de 250 ml preenchido em 1/3 do seu volume como solução conservante de formol 4%. As armadilhas foram instaladas com o auxílio de trado holandês, abrindo um orifício no solo com largura e profundidade suficientes para fixar os recipientes plásticos, de forma que a borda esteja nivelada com a superfície do solo. Para evitar a entrada da água da chuva e, conseqüentemente, o comprometimento da qualidade das amostras, as armadilhas foram cobertas com pratos plásticos fixados com palitos de madeira, formando uma cobertura (Figura 11A). Após sete dias da instalação, as armadilhas foram removidas da área experimental e seu conteúdo foi individualmente lavado com água corrente em peneira com abertura de malha fina (270 mesh) e armazenadas em recipientes com solução de álcool etílico a 70% (Figura 11B).

O material coletado em cada armadilha foi analisado individualmente em microscópio estereoscópio, com o aumento de até 40 vezes, e a comunidade de coleópteros foi classificada ao nível taxonômico de família, baseada em chaves dicotômicas de classificação e consulta a materiais bibliográficos (RAFAEL *et al.*, 2012; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).



### 6.2.3 Análise dos dados

Após classificação e contagem dos coleópteros, foi calculada a frequência relativa de cada família, utilizando o software Excel. Para o cálculo foram considerados as famílias com frequência superior a 3%, agrupando as que não atingiram esse valor na categoria “outros”.

Buscando verificar diferenças na composição das famílias entre as áreas, os dados foram submetidos a análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA). A análise foi realizada no software PAST 4.7.0.0 (HAMMER *et al.*, 2001) com distância de Bray-Curtis e 9999 permutações. Após verificar a existência de diferenças significativas, foi realizada a comparação par a par entre as áreas.

Através o software PAST 4.7.0.0 (HAMMER *et al.*, 2001), foram obtidos os índices ecológicos de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), uniformidade de Pielou ( $J'$ ) e riqueza de Margalef. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada com o objetivo de visualizar a distribuição dos organismos e diferenciação entre as áreas, utilizando o software PCORD (MCCUNE; MEFFORD, 2011).

Para verificar a presença de famílias indicadoras em cada uma das áreas, foi aplicado o método do Valor Indicador (IndVal) de Dufrêne & Legendre (1997), utilizando o software PAST 4.7.0.0 (HAMMER *et al.*, 2001). Esta análise combina medidas de especificidade (abundância relativa) e fidelidade (frequência) gerando valores indicadores em porcentagem. Quanto maior a porcentagem do IndVal, maior é a especificidade e fidelidade, logo, mais representativo é esse táxon (DUFRENE & LEGENDRE, 1997).

## 6.3 Resultados e discussão

Ao longo dos quatro anos de estudo foram amostrados 5.331 organismos da ordem Coleoptera, sendo 1.027 no ano de 2019, 1.413 em 2020, 781 em 2021 e 2.110 em 2022, distribuídos em 22 famílias: Anthicidae, Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Elateridae, Lagriidae, Latridiidae, Leiodidae, Meloidae, Mordeliidae, Nitidulidae, Phalacridae, Scarabaeidae, Silvanidae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Bostrichidae, Coccinellidae, Ptiliidae, Scolytidae, Monotomidae, Bruchidae (Tabela 08).

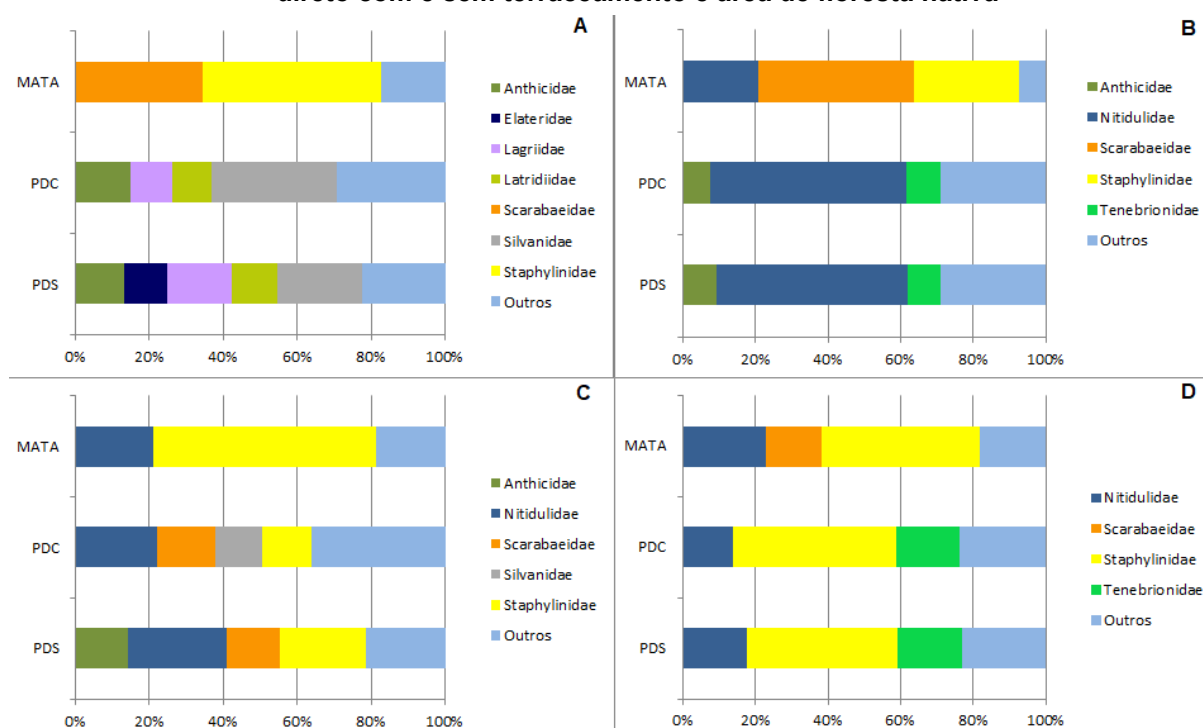
**Tabela 08 - Famílias e número de indivíduos da Ordem Coleoptera amostradas em áreas de plantio direto com e sem terraceamento e mata nativa**

Famílias	2019			2020			2021			2022		
	PDS	PDC	MATA	PDS	PDC	MATA	PDS	PDC	MATA	PDS	PDC	MATA
Anthicidae	40	45	3	44	34	2	8	14	0	26	3	13
Bostrichidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10
Bruchidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0
Carabidae	11	21	5	12	20	8	1	1	3	8	2	21
Chrysomelidae	7	5	1	7	0	0	0	2	3	17	21	0
Coccinellidae	0	0	0	3	4	0	0	4	0	0	0	0
Curculionidae	1	1	12	2	0	16	3	3	14	8	13	11
Elateridae	34	16	0	16	3	0	1	1	0	1	4	77
Lagriidae	53	34	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Latridiidae	36	32	0	33	27	2	0	0	0	0	0	0
Leiodidae	9	0	0	5	7	0	0	0	0	14	14	16
Meloidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monotomidae	0	0	0	0	0	0	2	15	0	0	0	0
Mordellidae	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Nitidulidae	12	12	51	247	248	101	15	28	127	111	78	210
Ptiliidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Phalacridae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scarabaeidae	18	16	147	7	6	207	8	20	90	64	75	142
Scolytidae	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Silvanidae	69	101	0	28	30	0	4	16	0	4	0	0
Staphylinidae	3	12	207	21	30	141	13	17	359	259	257	398
Tenebrionidae	6	3	1	44	43	7	1	6	2	109	98	19

**Notas: PDS, plantio direto sem terraço; PDC, plantio direto com terraço; MATA: área de Floresta Nativa. Fonte: autoria própria (2023)**

As famílias com maior frequência no ano de 2019 foram Staphylinidae e Scarabaeidae, na mata, seguido das famílias Silvanidae, Lagriidae e Anthicidae nas áreas de PDS e PDC. No ano de 2020, as famílias mais frequentes foram Scarabaeidae e Staphylinidae na área de mata, e Nitidulidae nas áreas de PDC e PDS. No ano de 2021 Staphylinidae foi a mais frequente na área de mata, enquanto Nitidulidae, Staphylinidae e Scarabaeidae foram mais expressivos nas áreas agrícolas. No ano de 2022, a família Staphylinidae foi a mais frequente em todas as áreas de estudo, seguido de Nitidulidae. As famílias Silvanidae e Lagriidae, foram encontradas apenas nas áreas agrícolas (Figura 14).

**Figura 14 - Frequência relativa de famílias de coleópteros encontrados em áreas de plantio direto com e sem terraceamento e área de floresta nativa**



**Notas: Coletas 2019 (A); 2020 (B); 2021 (C); 2022 (D).**

**Fonte: autoria própria (2023)**

A comunidade de coleópteros sofre influência da intensidade do uso do solo, porções de vegetação natural antropizada e mudanças ambientais (BERNARDES *et al.*, 2020). A representatividade da família Staphylinidae em todos os períodos corroboram os resultados encontrados por Cristo *et al.* (2019), ao avaliar área de floresta nativa e áreas de regeneração inicial, em que observou a constância e dominância dessa família, cujos hábitos saprófagos, fungívoros, fitófagos, mas geralmente predadores, são favorecidos em ambientes complexos e naturais como a

floresta. Também são sensíveis a alterações climáticas como temperatura e umidade (GARLET *et al.*, 2015), menores em áreas de mata em comparação a áreas agrícolas.

A família Anthicidae, predominantemente associada às áreas de plantio direto com e sem terraço nos anos de 2019 a 2021, é caracterizada por organismos predadores de pulgões, ácaros, ovos e pupas de lagartas (FERNANDES *et al.*, 2021), facilmente encontrados em áreas agrícolas, justificando sua baixa ocorrência na área de mata. Segundo Tolfo (2022), a cobertura vegetal característica do SPD também representa um fator de importância para a distribuição da família.

A família Silvanidae, encontrada apenas nas áreas agrícolas em 2019 e 2021, apresenta associação direta com o SPD, em função de seus hábitos alimentares, um dos fatores que contribui com esse desenvolvimento é a ocorrência de grãos nestas áreas que serve de alimento para algumas espécies (POMPEO *et al.*, 2016; POMPEO *et al.*, 2020b; TOLFO, 2022). A família Lagriidae, por sua vez, possui associação com espécies pragas nas áreas agrícolas, incluindo espécies com danos por consumo folhar, o que pode contribuir para a presença desses organismos nas áreas de lavoura (FERNANDES *et al.*, 2021). Outro ponto importante, a essas famílias, é a presença da palhada promovida pelo SPD (TOLFO, 2022).

As famílias Elateridae e Tenebrionidae, apresentaram ao longo dos anos, maior associação com as áreas de lavoura, com baixa ocorrência na área da mata. A família Tenebrionidae é descrita como inseto praga principalmente de grãos, além de ser preferência ambiente mais seco (YAMAN *et al.*, 2021), enquanto a família Elateridae possui espécies que podem trazer danos a raízes das plantas (CHERRY *et al.*, 2008).

A família, Nitidulidae, registrada nas três áreas em todos os anos, principalmente a partir de 2020 (Tabela 8 e Figura 14), é comum em áreas agrícolas conduzidas em SPD. Para Bernardes *et al.* (2020), a representatividade dessa família em sistemas de cultivo com alto aporte de MO, beneficia o grupo, pois alguns de seus representantes possuem hábito detritívoro. Esta característica associa esses organismos ao sistema de gestão de incremento de resíduos vegetais na superfície do solo, o que reflete nas características do SPD. Em áreas agrícolas, sua ocorrência também pode estar associada ao fato de que algumas espécies são consideradas pragas de grãos (BOSTON *et al.*, 2020).

A família Scarabaeidae, amostrada em todos os períodos nas três áreas, com maior frequência na área de mata (Tabela 08 e Figura 14), é apontada como uma das mais frequentes em estudos florestais, atribuindo sua ocorrência a especificidade ecológica desses organismos (PINHEIRO JUNIOR *et al.*, 2022) que demonstram padrões de preferência por habitats mais conservados (CAJAIBA *et al.*, 2017). Apesar da preferência por este tipo de ambiente, sua ocorrência nas áreas agrícolas, embora menor que na mata, pode ser justificada pela ocorrência de espécies generalistas dessa família, principalmente associadas a ambientes abertos (CAJAIBA *et al.*, 2017).

Com relação à composição de famílias de coleópteros, a análise multivariada (PERMANOVA) (Tabela 09), evidenciou diferenças estatísticas significativas ao longo dos quatro anos entre a mata nativa e as PDC e PDS as quais não diferiam entre si.

**Tabela 09 – Análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA) aplicada a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata nativa. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023**

Interação	2019	2020	2021	2022
	----- p – Valor -----			
PDS x PDC	0,0661	0,2601	0,0673	0,5666
PDS x MN	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
PDC x MN	0,0001*	0,0001*	0,0001*	0,0001*

**Notas: PDS: Plantio Direto sem terraceamento; PDC: Plantio Direto com terraceamento; MN: Mata Nativa. Valores de p destacados (\*) indicam variação significativa para  $p < 0,05$ .**

**Fonte: Dados da pesquisa (2022)**

A ausência de diferenciação entre as áreas agrícolas está associada na adoção de práticas conservacionistas há mais de 20 anos e aos baixos índices pluviométricos durante os anos de estudo, que pode ter limitado a ação do terraceamento. A associação da fauna edáfica a sistemas conservacionistas de solos já é conhecida e descrita em vários estudos que comprovam que o sistema de plantio direto favorece a abundância e diversidade de indivíduos da fauna edáfica (MATOS *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020a; SILVA *et al.*, 2022).

A diferença das áreas PDS e PDC em relação a mata nativa, está vinculada a estrutura ecossistêmica distinta entre esses ambientes, pois as alterações ambientais das áreas agrícolas, mesmo que manejadas utilizando estratégias

conservacionistas, podem afetar a dinâmica da fauna edáfica (GÓES *et al.*, 2021). De modo geral, a mata nativa se apresentou mais abundante na composição desses organismos (CARVALHO *et al.*, 2023; LIMA *et al.*, 2019).

Estudos desenvolvidos, comparando áreas agrícolas e florestas nativas evidenciam diferenças comportamentais para as famílias de coleópteros. Cajaiba *et al.* (2017), relaciona que a composição da família Scarabaeidae é variável e sensível ao gradiente estrutural e fortemente associada á áreas de mata nativa. Já Bernardes *et al.* (2020), destaca que a comunidade de coleópteros foi influenciada pela intensidade do uso do solo, variando a riqueza, abundância e diversidade conforme áreas de manejos agrícolas e áreas de preservação.

Com base nos índices ecológicos (Tabela 10), observa-se diferenças entre as áreas PDS e PDC em relação mata nativa, a qual apresentou maior abundância ao longo quatro anos de estudo.

**Tabela 10 - Riqueza de grupos taxonômicos, abundância total, índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade de Pielou (J') e riqueza de Margalef para famílias de coleópteros em áreas de plantio direto com e sem terraceamento e mata nativa**

	2019		
	PDS	PDC	FLN
Riqueza Total	13	14	9
Abundância Total	299	300	428
H'	2,173	2,064	1,201
J'	0,847	0,782	0,547
Riqueza de Margalef	2,105	2,279	1,320
2020			
Riqueza Total	15	15	8
Abundância Total	471	458	484
H'	1,737	1,677	1,337
J'	0,642	0,619	0,642
Riqueza de Margalef	2,275	2,285	1,132
2021			
Riqueza Total	10	12	7
Abundância Total	56	127	598
H'	1,928	2,133	1,080
J'	0,837	0,859	0,555
Riqueza de Margalef	2,236	2,271	0,938
2022			
Riqueza Total	12	11	10
Abundância Total	624	569	917
H'	1,706	1,618	1,597
J'	0,6867	0,6747	0,6935
Riqueza de Margalef	1,709	1,576	1,319

**Notas: PDS: Plantio Direto sem terraceamento; PDC: Plantio Direto com terraceamento; MN: Mata Nativa**

**Fonte: autoria própria (2023)**

A vegetação heterogênea contribui para este resultado, visto que muitas famílias utilizam da diversidade espacial para sua reprodução e obtenção de recursos alimentares (SILVA *et al.*, 2022; HARTERREITEN-SOUZA *et al.*, 2020). Contrariamente, embora a área de mata apresente maior abundância, observa-se há menor riqueza e diversidade de Shannon ( $H'$ ), com limitada a famílias específicas em comparação as áreas PDC e PDS. Este resultado encontra respaldo principalmente em duas características observadas nos organismos edáficos, os quais são podem ser classificados como generalistas e especialistas. A elevada abundância na área da mata está principalmente associada a famílias especialistas, que necessitam das características presentes neste ambiente para se desenvolver (CAJAIBA *et al.*, 2017). Associado a isso, Costa *et al.* (2020), destaca que no plantio direto, coleópteros encontram condições propícias ao seu desenvolvimento. A exemplo do exposto na tabela 8, algumas famílias encontradas se associam a área agrícola, como pragas ou predadores, justificando também a maior riqueza nessas áreas. Silva *et al.* (2013), aborda a família Carabidae, como importante predadora de insetos, visto que na fase adulta utilizam lagartas, vaquinhas, percevejos e outros para alimentar suas larvas em seus ninhos. Neste mesmo contexto, Pereira *et al.* (2002), aponta famílias como Tenebrionidae e Silvanidae como pragas, principalmente de grãos *in natura*.

O hábito alimentar das diferentes famílias também pode estar associado ao resultado encontrado, pois em áreas agrícolas, há maior ocorrência de organismos com hábitos detritívoros, e com hábitos seletivos relacionados à quantidade e qualidade da palha (BERNARDES *et al.*, 2020; VICIAN *et al.*, 2015).

Em relação ao índice de Pielou ( $J'$ ), o qual mede a homogeneidade na distribuição dos organismos entre os grupos amostrados nas diferentes áreas, apresentou, geralmente, maior valor associado às áreas agrícolas. Este resultado está associado a elevada abundância de algumas famílias na área da mata em relação ao número total de famílias descritas no local.

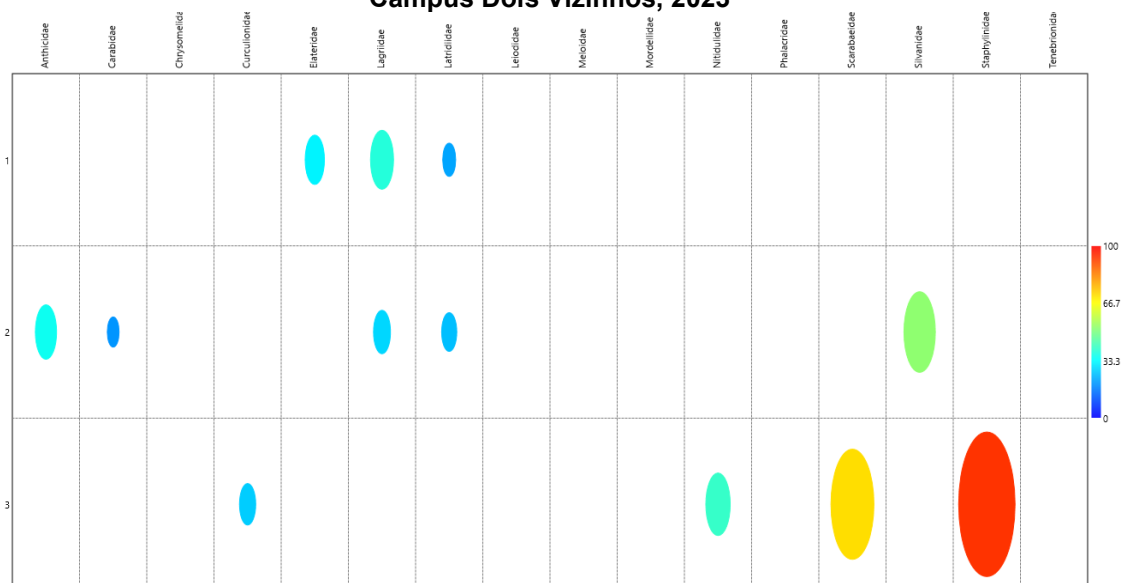
A riqueza de Margalef, foi maior nas áreas agrícolas, similares entre si, em relação a área de mata, durante os quatro anos de estudo, corroborando os resultados observados para a riqueza total. Neste índice, valores menores que 2 indicam baixa riqueza, e valores de 2 a 5, riqueza média (RICHTER *et al.*, 2012).

Os resultados da análise IndVal ( $p \leq 0,05$ ), possibilitaram encontrar 10 famílias indicadoras no ano de 2019 (Figura 15), 10 em 2020 (Figura 16), 9 em 2021

(Figura 17) e 9 em 2022 (Figura 18). O método IndVal está baseado no percentual de famílias indicadoras em uma determinada área de estudo, o valor percentual indica o quanto a espécie contribuiu para a formação daquele grupo. De acordo com ele, quanto maior o valor, melhor e mais confiável é o indicador. No entanto, Leach *et al.* (2013) e Van Rensburg *et al.* (1999), apontam que um índice menor que 70%, não é confiável.

No ano de 2019 (Figura 15), são descritas 3 famílias indicadoras na área PDS, 5 na área PDC e 4 na área de mata. Na área de PDS, as famílias que variaram em 30% foram Elateridae, Lagriidae e Lateridiidae. As famílias associadas a área de PDS, possuem espécies reconhecidas como pragas em áreas agrícolas, a exemplo da família Elateridae, que possui espécies de desenvolvimento subterrâneo, cuja principal fonte de alimento são as raízes de plantas, podendo ocasionar sérios danos as culturas (LAWRENCE *et al.*, 1995).

**Figura 15 – Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata nativa no ano de 2019. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023**



**Notas: Área de plantio direto sem terraceamento- PDS (1); Área de plantio direto com terraceamento – PDC (2); Área de mata nativa (3).**

**Fonte: autoria própria (2023)**

Devido a característica agrícola das áreas por vezes, mesmo que com valor indicador menor, as famílias se repetem, o que é justificado pelas características do ambiente. Em PDC, a família Silvanidae, embora não tenha atingido o percentual de 70%, destacou-se quando comparada a todas as outras famílias indicadoras na área



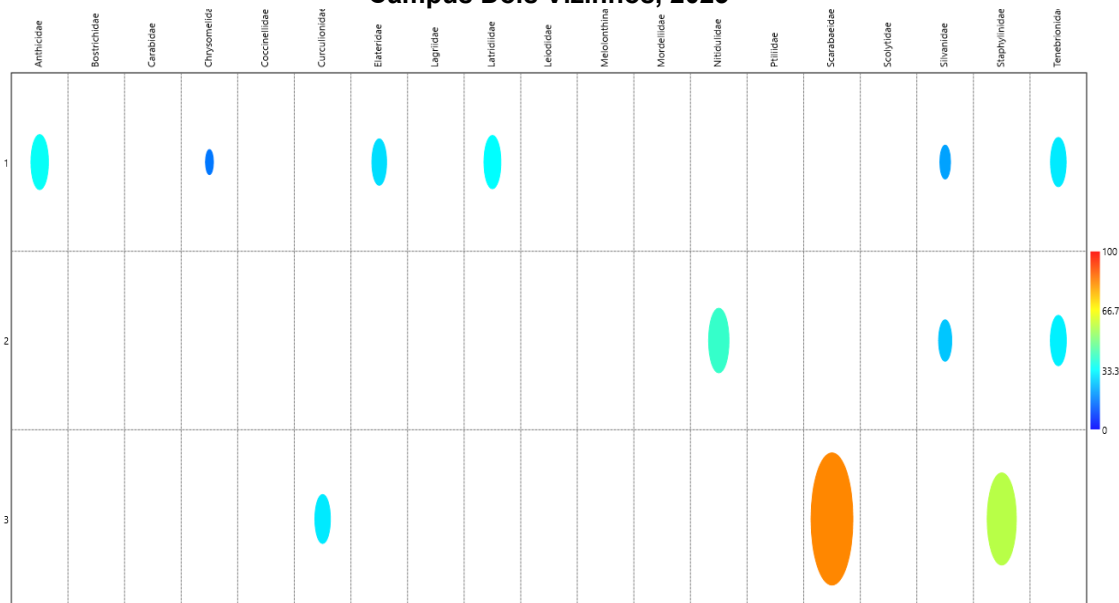
agrícola. Essa família apresenta organismos predadores e parasitas dos estágios imaturos de insetos broqueadores, além de possuir hábito de alimentar-se com bolores ou esporos de fungos, sendo sua presença associada a condições de umidade (AUDINO *et al.*, 2007). Outras espécies da família, atuam como pragas secundárias em culturas, principalmente envolvendo grãos (PEREIRA *et al.*, 2002).

Já na área de mata as famílias indicadoras que apresentaram valores elevados, acima de 60%, foram Scarabaeidae e Staphylinidae. Em estudo similar desenvolvido por Pompeo *et al.* (2020a), ao avaliar a floresta nativa em determinadas épocas do ano e regiões no estado de Santa Catarina, observou a família Staphylinidae como indicadora de acordo com a análise IndVal. Em outro estudo desenvolvido pelo autor Pompeo *et al.* (2020b) foi observada a participação importante da família Scarabaeidae em áreas de floresta nativa. Os autores atribuem ainda a presença da família Staphylinidae a áreas de ambientes complexos, em que há maior alteração microclimática, pois fatores como umidade e temperatura regulam sua distribuição (POMPEO *et al.*, 2016; GARLET *et al.*, 2015). A família Scarabaeidae, por sua vez, encontra-se associada a ambientes de mata, em decorrência dos recursos florísticos e de resíduos vegetais e animais, relacionados a sua presença (POMPEO *et al.*, 2016).

No ano de 2020 (Figura 16), as famílias com potencial indicador na área PDS foram: Anthicidae, Chrisomelidae, Elateridae, Lateridiidae, Silvanidae e Tenebrionidae, enquanto em PDC, as famílias indicadoras foram Nitidulidae, Silvanidae e Tenebrionidae. Já na mata nativa, as principais famílias indicadoras foram Scarabaeidae e Staphylinidae. Este resultado indica que há uma tendência entre as principais famílias indicadoras, com base no ano anterior.

Em PDS, a diferença está na presença da família Anthicidae, a qual se assemelha visualmente a formigas. São besouros com hábito onívoro, que consomem pequenos artrópodes, pólen, fungos entre outras fontes alimentares. Nas áreas agrícolas, algumas espécies são de interesse como agentes de controle biológico, por consumir larvas de pragas (TELNOV, 2008; TELNOV *et al.*, 2019).

**Figura 16 – Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata native no ano de 2020. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023**

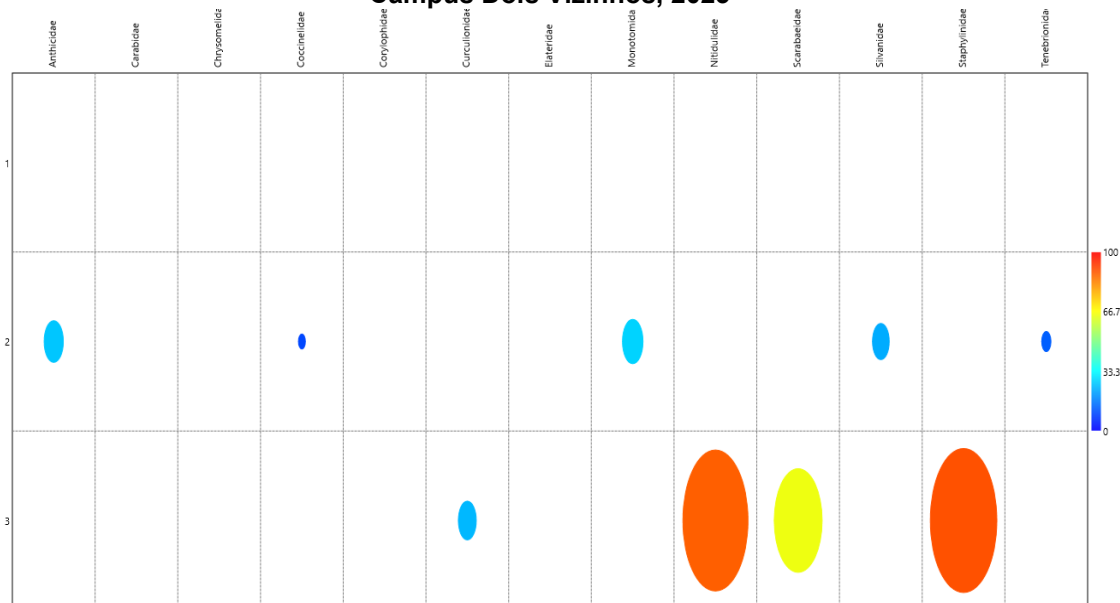


**Notas: Área de plantio direto sem terraceamento- PDS (1); Área de plantio direto com terraceamento – PDC (2); Área de mata native (3).  
Fonte: autoria própria (2023)**

No ano de 2021, apenas as áreas de mata native e PDC apresentaram famílias com potencial indicador (Figura 17). À área PDC, estão associadas as famílias Anthicidae, Coccinellidae, Monotomidae, Silvanidae e Tenebrionidae, enquanto a área de mata, destaca-se Curculionidae, Nitidulidae, Scarabaeidae e Staphylinidae. De acordo com a análise IndVal, a família indicadora com percentual acima de 70%, Nitidulidae, está relacionada no ambiente de floresta native, principalmente pela presença de cobertura do solo, visto que a família é altamente dependente de umidade para o seu desenvolvimento, consequentemente, predomina em áreas com cobertura arboreo-arbustiva (AUDINO *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2002).

De forma semelhante ao verificado no ano de 2019, a família Staphylinidae, apresentou um ótimo percentual como família indicadora pelo teste IndVal, vinculada, principalmente, a complexidade do ambiente em que se desenvolve.

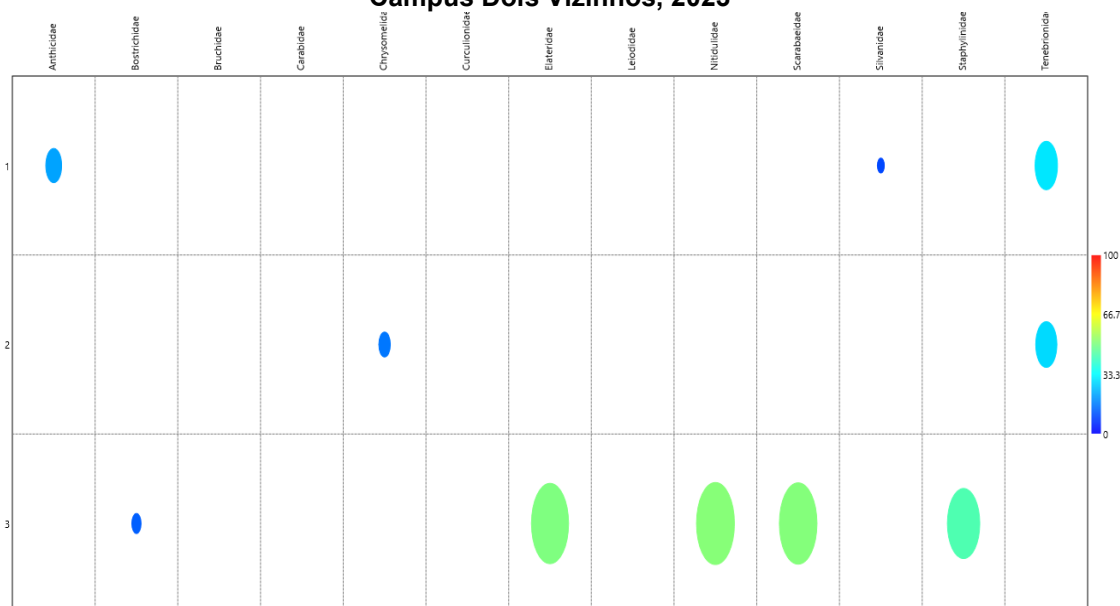
**Figura 17 – Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata native no ano de 2021. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023**



**Notas:** Área de plantio direto sem terraceamento- PDS (1); Área de plantio direto com terraceamento – PDC (2); Área de mata native (3).  
**Fonte:** autoria própria (2023)

Nas áreas agrícolas foram encontradas como famílias indicadoras, Anthicidae, Silvanidae, Tenebrionidae associadas a PDS e Chrysomelidae, Tenebrionidae, a PDC, com percentual menor do que 30%. Já na área de mata nativa as famílias foram Bostrichidae, Elateridae, Nitidulidae, Scarabaeidae e Staphylinidae. As famílias Scarabaeidae e Staphylinidae já foram identificadas em anos anteriores associadas como indicadoras para esta área. A família Scarabaeidae, é descrita como uma família variável e sensível, cujos representantes são capacitados a responder como indicadores ecológicos úteis na avaliação e extensão da mudança ou degradação do uso da terra (CAJAIBA *et al.*, 2017; POMPEO, 2020a). A família Nitidulidae, fortemente associada como indicadora na área de mata também foi observada no mesmo tipo de análise na avaliação de áreas de floresta nativa por Pompeo *et al.* (2016). As famílias Nitidulidae e Staphylinidae, foram verificadas também no teste IndVal por Correia (2018), em áreas de floresta nativa e sistemas de integração, apontadas como famílias decompositoras que se alimentam, preferencialmente, de seiva e suco de frutas, principalmente fermentadas (Figura 18).

**Figura 18 – Teste IndVal aplicado a famílias de coleópteros em áreas agrícolas em sistema Plantio Direto com e sem terraceamento e área de mata native no ano de 2022. UTFPR, Campus Dois Vizinhos, 2023**

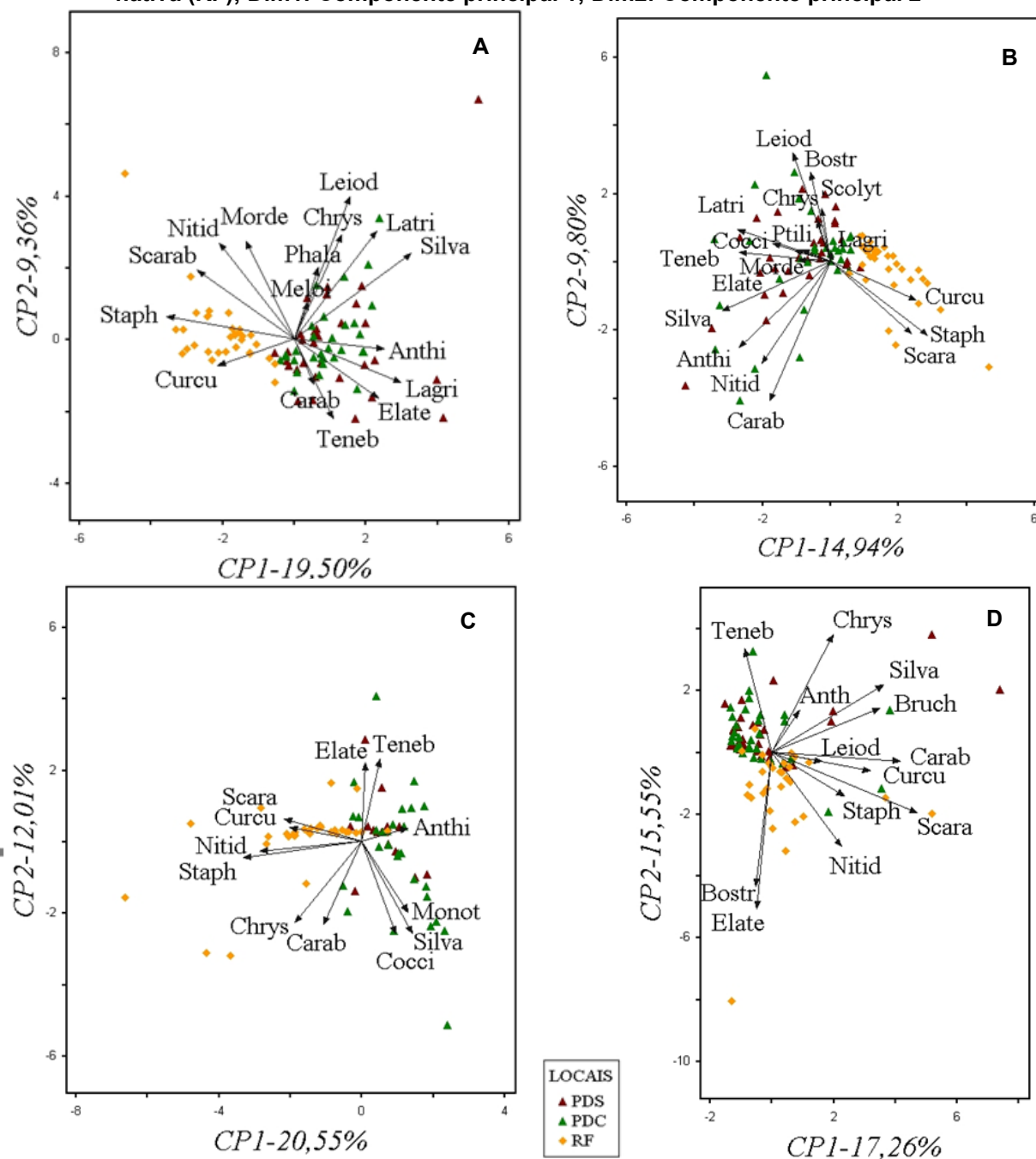


**Notas: Área de plantio direto sem terraceamento- PDS (1); Área de plantio direto com terraceamento – PDC (2); Área de mata nativa (3).  
Fonte: autoria própria (2023)**

A análise de componentes principais (PCA) possibilitou compreender a distribuição dos coleópteros amostrados e sua relação com as áreas de estudo durante os quatro anos de avaliação (Figuras 19A a 19D). Ao longo dos anos, observa-se uma separação da área de mata em relação as áreas agrícolas, as quais mostram-se muito próximas entre si do ponto de vista da composição da coleóptero fauna edáfica.

A PCA referente ao ano de 2019 explicou 28,86% da variabilidade total dos dados, sendo as componentes 1 (CP1) e 2 (CP2), responsáveis por 19,50% e 9,36% respectivamente, desta variabilidade (Figura 19A). Algumas famílias mostram-se associadas a área de mata, como Curculionidae, Staphylinidae e Scarabaeidae, corroborando com Santos *et al.* (2022), que ao observar a presença dessas famílias em área de mata, associou sua presença às interações ocorridas nesse meio. Por outro lado, associado as áreas PDC e PDS, estão Lagriidae, Carabaeidae, Tenebrionidae as quais, podem ter ocorrência voltada a atividade agrícola desenvolvida nas áreas, pois algumas espécies destas famílias, são causadoras de danos econômicos a diversas culturas (AUDINO *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2002).

Figura 19 - Relação entre os componentes principais 1 e 2 que explicam as famílias de Coleopteros associados às áreas de plantio direto com e sem terraceamento. A: 2019; B: 2020; C: 2021; D: 2022; Plantio direto sem terraço (PDS); Plantio direto com terraço (PDC); Mata nativa (RF); Dim1: Componente principal 1; Dim2: Componente principal 2



Notas: Anthi: Anthicidae; Carab: Carabidae; Chrys: Chrysomelidae; Curcu: Curculionidae; Ela: Elateridae; Leiod: Leiodidae; Monot: Monotomidae; Nitid: Nitidulidae; Scara: Scarabaeidae; Silva: Silvanidae; Staph: Staphylinidae; Teneb: Tenebrionidae; Morde: Mordeliidae; Latri: Latridiidae; Phala: Phalacridae; Meloi: Meloidae; Lagri: Lagriidae; Cocci: Coccinelidae; Ptili: Ptiliidae; Bostr: Bostrichidae; Scolyt: Scolytidae; Bruch: Bruchidae.

Fonte: autoria própria (2023)

No ano de 2020 a PCA explicou 24,74% da variabilidade total, sendo 14,94% representado pela CP1 e 9,80% pela CP2 (Figura 19B). Nesta coleta, as principais famílias associadas à área de mata mantêm o padrão do ano anterior. Já as famílias associadas à área de plantio não apresentam diferenciação clara, o que pode ser considerado como um indicativo de que o ambiente proporcionado pelo SPD beneficia determinadas famílias de coleópteros, conforme descrito por Tolfo (2022), sendo: Anthicidae, Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Elateridae, Leiodidae, Monotomidae, Nitidulidae, entre outras associadas, entre outros fatores, ao SPD.

A análise realizada para o ano de 2021 possibilitou que fosse explicada 32,56% da variabilidade total dos dados, da qual 20,55% foram explicados pela CP1 e 12,01% CP2 (Figura 19C). Associadas à área de mata nativa, as famílias de ocorrência foram principalmente, Scarabaeidae, Nitidulidae, Staphylinidae, Curculionidae. São famílias que apresentam um padrão de ocorrência desde o primeiro ano de estudo relacionado, principalmente a complexidade de ambiente em área florestal (SANTOS *et al.*, 2022). Nas áreas de plantio (PDS e PDC), as famílias associadas às duas áreas, resultantes da similaridade dos manejos agrícolas são Tenebrionidae, Anthicidae, Silvanidae, Monotomidae e Coccinellidae (AUDINO *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2002).

Durante a avaliação realizada no ano de 2022, foi explicada 32,81% da variabilidade através da PCA, sendo 17,26% explicados pela CP1 e 15,55% em CP2 (Figura 19D). Associado à área de mata nativa observa-se as famílias, Elateridae, Nitidulidae e Bostrichidae. A família Bostrichidae, segundo estudo desenvolvido por Correia (2018), é uma família associada a períodos chuvosos, além de possuir espécies que broqueiam madeira, justificando sua ocorrência nesta área. Por outro lado, associado às áreas de plantio, observa-se principalmente a família Tenebrionidae, assim como ocorrido nos anos anteriores. Observa-se ainda a exemplo dos anos anteriores, a ausência de separação clara entre as áreas PDC e PDS.

Observa-se a ocorrência repetidamente de determinadas famílias em função das áreas de estudo, incluindo casos concentrados apenas em determinadas áreas, como no caso das áreas agrícolas famílias como Anthicidae, Silvanidae, Lagriidae, Carabaeidae, Tenebrionidae, entre outras. Resalta-se que comparando as áreas de

plantio e a mata, existe diferença na complexidade do ambiente, resultando na especificidade das famílias encontradas.

## **6. Conclusão**

A ordem Coleoptera apresenta destaque nos estudos relacionados a qualidade do solo. A área de plantio direto com terraceamento apresentou similaridade nos índices ecológicos verificados na área de plantio direto sem terraceamento, diferindo-se da área de mata nativa. O terraceamento neste caso, não apresentou interferência direta na comunidade de coleópteros, limitado pelo período de estiagem observado nos três primeiros anos de estudo.

As famílias Elateridae, Lagriidae, Lateridiidae, Nitidulidae, Anthicidae, Silvanidae, Tenebrionidae, foram verificadas nas áreas de PDS e PDC, principalmente associadas a características que são desenvolvidas em áreas agrícolas, como a associação de organismos praga e predadores.

Na área de mata nativa, as principais famílias associadas foram Scarabaeidae, Staphylinidae, Nitidulidae, as quais possuem ligação direta a ambientes complexos e mais preservados quando comparados a áreas agrícolas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido abordou pontos importantes no que tange aspectos da fauna edáfica em áreas agrícolas e área de vegetação nativa.

Com base no cenário das pesquisas acadêmicas, é possível observar uma tendência e evolução referente às buscas quanto a relação do uso do solo e a fauna edáfica nos agroecossistemas, tendo a importância do desenvolvimento agrícola sustentável como uma das justificativas para tal resultado. Além disso, a cienciometria possibilitou em uma escala de tempo, verificar o aumento no número de trabalhos considerando o componente biológico do solo, demonstrando a importância que esse parâmetro apresenta no ambiente.

A identificação da fauna geral em áreas com e sem terraceamento possibilitou verificar que as práticas conservacionistas, como o sistema de plantio direto em longo prazo podem representar um importante incremento na qualidade de solo e no desenvolvimento de invertebrados edáficos.

A abordagem da ordem Coleoptera em nível taxonômico de família permitiu relacionar o papel de grupos especialistas e generalistas a partir de cada área de estudo.

O terraceamento representa uma importante atividade no controle de erosão hídrica, contudo observou-se um baixo índice pluviométrico nos três primeiros anos de estudo, em função disso a ação desse recurso pode não ter sido representativa, ressaltando a importância de estudos de longo prazo associando práticas conservacionistas como uma ferramenta de monitoramento da qualidade do solo, beneficiando a produção agrícola em elevada escala, desejada atualmente.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.; GRACIO, C. C. Produção científica brasileira sobre o indicador “Fator de Impacto”: um estudo nas bases SciELO, Scopus e Web of Science. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 24, n. 54, p. 62–77, jan. 2019.
- ALMEIDA, D. O.; BAYER, C.; ALMEIRA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1140-1147, set. 2016b.
- ALMEIDA, W. S.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivos e níveis de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1110-1119, set. 2016a.
- ALTMANN, A. Medias agroambientais e climáticas da Política Agrícola Comum enquanto instrumento de valorização, restauração e proteção de serviços ecossistêmicos na União Europeia. **Debater A Europa**, n. 23, p. 41, 2020.
- 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, P. R. L.; CASSOL, P. B.; SEGANFREDO, M. A.; SPAGNOLLO, E. Contribuição da fauna do solo para os serviços ambientais. In: MIRANDA, C. R. de; MONTICELLI, C. J.; MATTHIENSEN, A.; SEGANFREDO, M. A. **Produção intensiva de animais e serviços ambientais: estratégias e indicadores**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 163-184, 2020.
- AMARAL, A. L. S.; CASTILHO, A. L.; RODRIGUES, J. L. C.; SÁ, A. L. B.; HADDAD Jr, V. Registro de ocorrência do besouro-escorpião *Onychocerus albitarsis* Pascoe (Coleoptera: Cerambycidae) no estado de São Paulo, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 12, n. 1, p. 27-30, apr. 2019.
- ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. C.; OLIVEIRA, P. T. S.; FLANAGAN, D. C.; NEARING, M. A. Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: A meta-analysis of the Brazilian experience. **Catena**, v. 152, p. 29-39, may. 2017.
- AUDINO, L. D.; NOGUEIRA, J. M.; SILVA, P. G.; NESKE, M. Z.; RAMOS, A. H. B.; MORAES, L. P.; BORBA, M. F. S. Identificação dos coleópteros (Insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (município de Bagé) e Santa Barbinha (município de Caçapava do Sul), RS. **Embrapa pecuária Sul**, Documentos 70, Bagé, 2007.
- BACH, E. M.; RAMIREZ, K. S.; FRASER, T. D.; WALL, D. H. Soil biodiversity integrates solutions for a sustainable future. **Sustainability**, Switzerland, v. 12, n. 7, 2020.
- BACK, A. J.; GARCEZ, J. G.; WILDNER, L. P.; BASSANI, M. H.; GOLIN, A. S. O reconhecimento do terraceamento como prática de agricultura conservacionista em Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 12, p. 119048-119066, dec. 2021.

BALDASSARINI, J. S.; NUNES, J. O. R. Estimação da perda de solo por processos erosivos em parcelas de monitoramento utilizando pinos de erosão em propriedades rurais do interior do Estado de São Paulo. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, v. 38, n. 38, 2018.

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.

BALL, B. A.; HABERKORN, M.; ORTIZ, E. Mesofauna community influences litter chemical trajectories during early-stage litter decay. **Pedobiologia**, v. 95, 2022.

BARETTA, D.; SANTOS, J.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: Tópicos Ciência do Solo. 7 ed, p.119-170, 2011.

BARRETTO, J. W.; CULTID-MEDINA, C. A.; ESCOBAR, F. Annual abundance and population structure of two dung beetle species in a Human-modified Landscape. **Insects**, v. 10, n. 2, dec. 2019.

BEAUMELLE, L.; TISON, L.; EISENHAUER, N.; HINES, J.; MALLADI, S.; PELOSI, C.; THOUVENOT, L.; PHILLIPS, H. R. P. Pesticide effects on soil fauna communities- A meta-analysis. **Journal of Applied Ecology**, v. 60, n. 7, p. 1239-1253, 2023.

BELLÉ, D.; SCHENATTO, F. J. A.; GUADAGNIN, C. A. Adoção de inovações tecnológicas no cultivo de hortaliças em sistema de plantio direto: uma revisão integrativa da literatura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 3, 2023.

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, apr. 2020.

BETANCUR-CORREDOR, B.; LANG, B.; RUSSELL, D.J. Organic nitrogen fertilization benefits selected soil fauna in global agroecosystems. **Biology and Fertility of Soil**, v. 59, p.1-16, 2023.

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.

BIANCHI, M. O.; SCORIZA, R. N.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. Soil Macrofauna as indicators in Tree Legume Revegetation. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

BIRKHOFFER, K.; BAULECHNER, D.; DIEKOTTER, T.; ZAITSEV, A.; WOLTERS V. Fertilization Rapidly Alters the Feeding Activity of Grassland Soil Mesofauna Independent of Management History. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, may. 2022.

BLANCO- CANQUI, H.; WORTMANN, C. S. Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till? A review. **Soil and Tillage Research**, v. 198, apr. 2020.

BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, Embrapa, v. 1, p. 308, 2020.

BORROR, D. J.; JOHNSOS, N. F.; TRIPLEHORN, C. A. Introduction to the study of insects. 7. ed. Belmont-CA: Thompson-Brooks/Cole, 2005.

BOSTON, W.; LEEMON, D.; CUNNINGHAM, J. P.; Virulence Screen of Beauveria Bassiana Isolates for Australian Carpophilus (Coleoptera: Nitidulidae) Beetle Biocontrol. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1207, 2020.

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.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A. F.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A., BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARRETA, D.; SILVA, E.; ANTNIOLLI, Z. I.; DECAENS, T.; LEVELLE, 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.; LOVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: Embrapa, cap. 10, p. 122-154, 2015.

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

BUNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G.; GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MANDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biol Biochem**, v. 120, p. 105-125, 2018.

CAJAIBA, R. L.; PÉRICO, E.; DALZUCHIO, M. S.; 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.

CALÓ, L. O.; CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, C. F.; CAMARA, R.; CASTRO, K. C.; LIMA, S. S.; PEREIRA, M. G.; AQUINO, A. M. Epigeal fauna and edaphic properties as possible soil quality indicators in forest restoration areas in Espírito Santo, Brazil. **Acta Oecologica**, v. 117, nov. 2022.

CAMACHO, I. M.; HOSHINO, A. T.; SOARES, R. M. M.; DE OLIVEIRA, L. M.; GIL, L. G.; CAMPOS, L. A.; ANDROCIOI, 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.

CARDOSO, E. J. B.N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. Piracicaba, 2 ed, p. 221, 2016.

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 Eletronica Tecnicocientífica de IFSC**, v. 2, n. 7, p. 1-17, 2018.

- CARVALHO, R. L.; DA SILVA, G. N. G. C.; BIAZATTI, R. M.; PINHEIRO, B. L.; AQUINO, C. G.; SANTOS, S. C. Diversidade da macrofauna epígea em área cultivada com *Panicum maximum* cv. Mombaça em zona de cerrado e a mata dos cocais no nordeste brasileiro. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Ambientais e Agrárias**, Campina Grande, p. 22-34, 2023.
- 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, mar. 2019.
- CAVALLET, B. V.; SILVA, E. R.; BARETTA, C. R. D. M.; REZENDE, R. D. Effect of agriculture land use on standard cellulosic substrates breakdown and invertebrates' community. **Community Ecology**, v. 23, p. 277-288, 2022.
- CHEN, C. Manual do CiteSpace. College of Computing and Informatics Drexel -- Drexel University, n. 2014, p. 94, 2014. How to Use CiteSpace (c) 2015-2020. n. June, p. 2015–2020, 2020.
- CHEN, C.; ILBEKWE-SANJUAN, F.; HOU, J. The Structure and Dynamics of Cocitation Clusters: A Multiple-Perspective Cocitation Analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 64, 1852–1863, 2010.
- CHERRY, R.; STANSLY, P. Abundance and Spatial distribution of Wireworms (Coleoptera: Elateridae) in Florida Sugarcane Fields on Muck versus Sandy Soils. **Florida Entomologist**, v. 91, n. 3, p. 383-387, 2008.
- CHRISTEL, A.; MARON, P-A.; RANJARD, L. Impact of farming systems on soil ecological quality: a meta-analysis. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, p. 4603-4625, 2021.
- CINTRA, P. R.; DA SILVA, M. D. P.; FURNIVAL, A. C. Uso do inglês como estratégia de internacionalização da produção científica em Ciências Sociais Aplicadas: estudo de caso na SciELO Brasil. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 17–41, jan. 2020.
- COELHO, J. V.; COSTA, T. G. A.; IWATA, B. de F.; CUNHA, L. M.; DOS SANTOS, J. G. P.; CLEMENTINO, G. E. dos S. Atributos da qualidade de um latossolo vermelho-amarelo sobre o efeito de diferentes doses de biofósforo, adubo orgânico e mineral. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 384–389, nov. 2018.
- CONRADO, A. C.; DEMETRIO, W. C.; STANTON, D. W. G.; BARTZ, M. L. C.; JAMES, S. W.; SANTOS, A.; SILVA, E.; FERREIRA, T.; ACIOLI, A. N. S.; FERREIRA, A. C.; MAIA, L. S.; SILVA, T. A. C.; LAVELLE, P.; VALASQUEZ, E.; TAPIA-COLAR S. C.; MUNIZ, A. W.; SAGALLA, R. F.; DECAENS, T.; NADOLNY, H. S.; PEÑA-VENEGAS, C. P.; CUNHA, L. Amazonian earthworm biodiversity is heavily impacted by ancient and recent human disturbance. **Science of The Total Environment**, v. 895, oct. 2023.
- CORREIA, R. G. **Entomofauna edáfica e armazenamento de liteira em cultivos de *Swietenia macrophylla* (King) na Amazônia Oriental**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

- CORREIA, R. G. **Entomofauna edáfica e armazenamento de liteira em cultivos de *Swietenia macrophylla* (King) na Amazônia Oriental**. Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, doutorado em Ciências Florestais, Belém, 2018.
- COSTA, L. M.; MARASCA, I.; BORGES, R. E.; GLADENUCCI, J. Propriedades biológicas do solo em sistema de plantio direto em repolho roxo. **Científica Multidisciplinary Journal**, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020.
- CRISTO, S. C.; VITORINO, M. D.; ARENHARDT, T. C. P.; KLUNK, G. A.; FILHO, E. A.; CARVALHO, A. G. Leaf-litter Entomofauna as a Parameter to Evaluate Areas Under Ecological Restoration. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, 2019.
- DE DEYN, G. B.; RAAIJMAKERS, C. E.; ZOOMER, H, R.; BERG, M. P.; RUITER, P. C.; VERHOEF, H. A.; BEZEMER, T. M.; VAN DER PUTTEN, W. H. Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity. **Nature**, v. 422, p. 711-713, Apr. 2003.
- DECAENS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; GIOIA, C.; MEASEY, G. J.; LAVELLE, P. The values of soil animals for conservation biology. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. 1, p. 23-38, Nov. 2006.
- DELIBAS, M.; TEZER, A.; BACCHIN, T. K. Towards embedding soil ecosystem services in spatial planning. **Cities**, v. 113, jun. 2021.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A.; MANHAGO, D. D. “Vertical Mulching” como prática conservacionista para manejo de enxurrada em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 2847-2852, 2008.
- DESIE, E.; MEERBEEK, K. V.; DE WANDELER, H.; BRUELHEIDE, H.; DOMISCH, T.; JAROSZEWICZ, B.; JOLY, F. X.; VANCAMPENHOUT, K.; VESTERDAL, L.; MUYS, B. Positive feedback loop between earthworms, humus form and soil pH reinforces earthworm abundance in European forests. **Functional Ecology**, v. 34, n. 12, p. 2598-2610, dec. 2020.
- DEUSCHLE, D.; MINELLA, J. P. G.; HORBE, T. A. N.; LONDERO, A. L.; SCHNEIDER, F. J. A. Erosion and hydrological response in no-tillage subjected to crop rotation intensification in southern Brazil. **Geoderma**, v. 340, p. 157-163, apr. 2019.
- DU, X.; JIAN, J.; DU, C.; STEWART, R. D. Conservation management decreases surface runoff and soil erosion. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 10, n. 2, p. 188-196, jun. 2022.
- DUARTE, M. L.; SILVA FILHO, E. P. da; BRITO, W. B. M.; SILVA, T. A. da. Determinação da erodibilidade do solo por meio de dois métodos indiretos em uma bacia hidrográfica na região sul do estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, abr. 2020.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v.67, n.3, p.345-366, 1997.

ECKERT, M.; GAIGHER, R.; PRYKE, J. S.; SAMWAYS, M. J. Soil arthropod assemblages reflect both coarse- and fine-scale differences among biotopes in a biodiversity hotspot. **Journal of Insect Conservation**, v. 27, p. 155-166, 2023.

ERWIN, T.L. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. **Coleopterists Bulletin**, v. 36, p. 74–75, 1982.

FERNANDES, A. M. F. **Qualidade do sistema plantio direto e sua relação com a arborização do solo e o meio ambiente**. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ, Cruz Alta, 2018.

FERNANDES, A. M.; MELLO, A. F. S.; MOURA, A. P.; LOPES, C. A.; ECHER, F. R.; SANTOS, F. H. C.; AMARO, G. B.; SILVA, G. O.; GUEDES, I. M. R.; PINHEIRO, J. B.; GUIMARÃES, J. A.; SILVA, J.; VENDRAME, L. P. C.; PILON, L.; JORGE, M. H. A.; BRAGA, M. B.; MELO, R. A. C.; PEREIRA, R. B. Sistema de produção de batata doce. Embrapa hortaliça, versão eletrônica, v. 9, Fev. 2021.

FERNANDES, C. H. S.; TEJO, D. P.; ARRUDA, K. M. A. Desenvolvimento do sistema de plantio direto no Brasil: Histórico, implantação e culturas utilizadas. **Editora Científica Digital**, v. 1, c. 28, p. 232-241, jun. 2020.

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**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 599-610, mar. 2019.

FIGUEIREDO, A.; DE MELO, T. R.; DE OLIVEIRA, J. C. S.; MACHADO, W.; DE OLIVEIRA, J. F.; FRANCHINI, J. F.; DEBIASI, H.; GUIMARÃES, M. F. The no-tillage, with crop rotation or succession, can increase the degree of clay dispersion in the superficial layer of highly weathered soils after 24 years. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 1, p. 57-70, jan. 2021.

FORSTALL-SOSA, K. S.; SOUZA, T. A. F.; LUCENA, E. O.; SILVA, S. I. A.; FERREIRA, J. T. A.; SILVA, T. N.; SANTOS, D.; NIEMEYER, J. C. Soil macroarthropod community and soil biological quality index in a green manure farming system of the Brazilian semi-arid. **Biologia**, v. 76, n. 3, p. 907-917, mar. 2021.

FRAGOSO, D. B.; CUSTODIO, D. P.; ALMEIDA, R. E. M.; COSTA, R. V. Avaliação da macrofauna edáfica em plintossolo pétrico com cultivos agrícolas usando armadilhas de queda. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 9, e023005, may. 2023.

FREITAS, C. C.; ARAÚJO, I. C. S.; BLUM, S. C.; PINTO, O. R. O.; ALCÓCER, J. C. A.; AGUIAR, M. I. Alterações na estrutura da comunidade de artrópodes de solo provocadas pelo manejo. **Natural Resources**, v.11, n.1, p.1-11, 2021.

FRIGERI, K. D. M.; KACHINSKI, K. D.; GHISI, N. C.; DENIZ, M.; DAMASCENO, F. A.; BARBARI, M.; HERBUT, P.; VIEIRA, F. M. C. Effects of Heat Stress in Dairy Cows Raised in the Confined System: A Scientometric Review. **Animals**, v. 13, n. 3, 2023.

FROUZ, J. Effects of soil macro- and mesofauna on litter decomposition and soil

organic matter stabilization. **Geoderma**, v. 332, p. 161-172, Dec. 2018.

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, mar. 2022.

GALVÃO, J. R.; TEDESCO, C. D. Contribuição da percepção ambiental para a sustentabilidade na zona de amortecimento de unidade de conservação. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022.

GARCÍA-PALACIOS, P.; MAESTRE, F. T.; KATTGE, J.; WALL, D. H. Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes. **Ecology Letters**, v. 16, n. 8, p. 1045-1053, 2013.

GARCÍA-PALACIOS, P.; MCKIE, B. G.; HANDA, I. T.; FRAINER, A.; HATTENSCHWILER, S. The importance of litter traits and decomposers for litter decomposition: a comparison of aquatic and terrestrial ecosystems within and across biomes. **Functional Ecology**, v. 30, n. 5, p. 819-829, Oct. 2015.

GARLET, J.; COSTA, E. C.; BOSCARDIN, J.; MACHADO, D. N.; PEDRON, L. Fauna de Coleoptera Edáfica em Eucalipto sob Diferentes Sistemas de Controle Químico da Matocompetição. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 239–248, 2015.

GEBREMIKAEL, M. T.; STEEL, F.; BUCHAN, D.; BERT, W.; DE NEVE, S.. Nematodes enhance plant growth and nutrient uptake under C and N-rich conditions. **Scientific Reports**, v. 6, sep. 2016.

GIORDANI, I. A.; BUSATTA, E.; FILHO, L. C. I. O.; BARETTA, D.; KISSMANN, C.; BARETTA, C. R. D. M. Toxicidade de agrotóxicos de efeito fungicida e fungicida + inseticida em *Eisenia andrei*. **Revista Ambiente e Água**, v. 15, n. 3, 2020.

GÓES, Q. R. de; BARBOSA, B. W.; BOLIGON, A. A.; LORENTZ, L. H.; VIEIRA, F. C. B.; WEBER, M. A. Suficiência amostral para avaliação da fauna epiedáfica com o método Provid. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 444–450, 2019.

GÓES, Q. R.; FREITAS, L. R.; LORENTZ, L. H.; VIEIRA, F. C. B.; WEBER, M. A. Analysis of the edaphic fauna in different soil uses in the pampa biome. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 123-144, jan. 2021.

GOTARDO, R.; ADILSON, P.; KAUFMANN, V.; TORRES, E.; PIAZZA, G. A. Características químicas e físicas de um Cambissolo Háplico do Bioma Mata Atlântica sob diferentes usos de solo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, 2020.

GUALBERTO, A. V. S.; CUNHA, J. R.; VOGADO, R. F.; LEITE, L. F. C.; NUNES, L. A. P. L.; SOUZA, H. A. Epigeal fauna in no-till systems, pasture, eucalyptus and native savanna in Uruçuí, Piauí, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 3, p. 1-8, ago. 2021.

GUIMARÃES, N. F.; GALLO, A. S.; SILVA, V. R.; FONTANETTI, A.; FUJIHARA, R. T.; CARVALHO, E. M. Soil fauna associated with different cultivation systems. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, fev. 2021.

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.

HARTERREITEN-SOUZA, E. S.; PUJOL-LUZ, J. R.; CAPELLARI, R. S.; BICKEL, D.; SUJII, E. R. Diversity and Spatial Distribution of Predacious Dolichopodidae (Insecta: Diptera) on Organic Vegetable Fields and Adjacent Habitats in Brazil. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 103, n. 2, p. 197-205, Jun. 2020.

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

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 102, n. 46, p. 16569-16572, 2005.

JIN, H.; CHANG, L.; KLEUNEN, M.; LIU, Y. Soil mesofauna may buffer the negative effects of drought on alien plant invasion. **Journal of Ecology**, v. 110, n. 10, p. 2332-2342, 2022.

JOSEPH, S. D.; ARBESTAIN, M. C.; LIN, Y.; MUNROE, P. An Investigation into the reactions of Biochar in Soil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, n. 7, p. 501-515, Jan. 2010.

KARLEN, D. J.; VEUM, K. S.; SADDUTH, K. A.; OBRYCKI, J. F.; NUNES, M. R. Soil health assessment: Past accomplishments, current activities and future opportunities. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104-365, 2019.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE R. G.; HARRIS, R. F. SCHUMAN, G. E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (A guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

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.

KLADIVKO, E. J. Tillage systems and soil ecology. **Soil and Tillage Research**, v. 61, n. 2, p. 61-76, Aug. 2001.

KRUG, E. T. S.; GOMES, G. J.; SOUZA, E. G.; GEBLER, L.; SOBJAK, R.; BAZZI, C. L. Estimativa da perda de solo por erosão laminar usando ferramentas computacionais na agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 12, p. 907-914, jul. 2022.

KUBIAK, K. L.; PEREIRA, L. A.; TESSARO, D.; SANTOS, S. A. P.; BENHADI-MARÍN, J. The Assemblage of Beetles in the Olive Grove and Surrounding Mediterranean Shrublands in Portugal. **Agriculture**, Switzerland, v. 12, n. 6, p. 771, jun. 2022.

LAVELLE, P.; BLOUIN, M.; BOYER, J.; CADET, P.; LAFFRAY, D.; PHAM-THI, A-T.; REVERSAT, G.; SETTLE, W.; ZUILY, Y. Plant parasite control and soil fauna diversity. **Comptes Rendus Biologies**, v. 327, n. 7, p. 629-638, Jul. 2004.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-



HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. **The biological management of tropical soil fertility**, v. 120, p. 137-169, 1994.

LAVELLE, P.; MATHIEU, J.; SPAIN, A.; BROWN, G.; FRAGOSO, C.; LAPIED, E.; DE AQUINO, A.; BAROIS, I.; BARRIOS, E.; BARROS, M. E.; BEDANO, J. C.; BLANCHART, E.; CAULFIELD, M.; CHAGUEZA, Y.; DAI, J.; DECAENS, T.; DOMINGUEZ, A.; DOMINGUEZ, Y.; FEIJOO, A.; FOLGARAIT, P.; FONTE, S. J.; GOROSITO, N.; HUERTA, E.; JIMENEZ, J. J.; KELLY, C.; LORANGER, G.; MERCHÃO, R.; MARICHAL, R.; PRAXEDES, C.; RODRIGUEZ, L.; ROUSSEAU, G.; ROUSSEAU, L.; RUIZ, N.; SANABRIA, C.; SUAREZ, J. C.; TONDOH, J. E.; DE VALENÇA, A.; VANEK, S. J.; VASQUEZ, J.; VELASQUEZ, E.; WEBSTER, E.; ZHANG, C. Soil macroinvertebrate communities: A world-wide assessment. **Global Ecology and Biogeography**, v. 31, n. 7, p. 1261-1276, 2022.

LAWRENCE, J. F.; NEWTON, A. F. Jr. *Families and subfamilies of Coleoptera (with selectes genera, notes, references and data on family-group names)*. In: Pakaluk y Slipinski (Eds.). **Biology, phylogeny and classification of Coleoptera: Papers celebrating the 80th birthday of Roy A. Crowson**, Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, p. 779-1006, 1995.

LEACH, E.; NAKAMURA, A.; TURCO, F.; BURWELL, C. J.; CATTERALL, C. P.; KITCHING, R. L. Potential of ants and beetles as indicators of rainforest restoration: characterising pasture and rainforest remnants as reference habitats. **Ecological Management e Restoration**, v. 14, n. 3, p. 202-209, 2013.

LEITE, P. A. M.; SOUZA, E. S.; SANTOS, E. S.; GOMES, R. J.; CANTALICE, J. R.; WILCOX, B. P. The influence of forest regrowth on soil hydraulic properties and erosion in a semiarid region of Brazil. **Ecohydrology**, v. 11, n. 3, apr. 2018.

LENSE, G. H. E.; MOREIRA, R. S.; PARREIRAS, T. C.; SANTANA, D. B.; BOLELLI, T. M.; MINCATO, R. L. Water erosion modeling by the Erosion Potential Method and the Revised Universal Soil Loss Equation: a comparative analysis. **Revista Ambiente e Água- An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 15, n. 4, may. 2020.

LI, J.; GOERLANDT, F.; RENIERS, G. Uma visão geral do mapeamento cientométrico para a comunidade científica de segurança: Métodos, ferramentas e estrutura. **Seguro Ciência**, v. 134, 2021.

LI, J.; GOERLANDT, F.; VAN NUNEN, K.; PONNET, K.; RENIERS, G. Conceituando a Dinâmica Contextual da Pesquisa de Clima e Cultura de Segurança: Uma Análise Cientométrica Comparativa. **Journal Environment Saúde Pública**, v. 19, p.; 813, 2022.

LIMA, S. S.; BENAZZI, E. S.; OLIVEIRA, N. C. R.; LEITE, L. F. C. Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 328-337, 2019.

LIN, H.; ZHU, Y.; AHMAD, N.; HAN, Q. Uma análise cientométrica e visualização da pesquisa global sobre brownfields. **Ambiente Ciência Poluir**, v. 26, p. 17666-17684, 2019.

LOPES, R. D.; VEZZANI, F. M.; PARAGUAIO, E. V. Abordagem da Qualidade do Solo nos trabalhos publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.11, n.1, p. 87-105, jun. 2023.

LOPES, V. S., CARDOSO, I. M., LOPES, A. S. Percepção de agricultores (as) sobre práticas de conservação de solo e água implantados com apoio de órgãos públicos. **Revista ELO – Diálogos Em Extensão**, v. 10, 2021.

LOURENÇO, L. C. B.; PEDROSO, M. T. M.; NEHRING, R. Formação institucional da inovação agrícola dos EUA. **Revista Política Agrícola**, n. 2, 2020.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; MENEZES, C. E. G. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do rio Paraíba do Sul - RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 91-106, jan. 2015.

MANU, M.; BÂNCILĂ, R. I.; MOUNTFORD, O. L.; ONETE, M. Soil Invertebrate Communities as Indicator of Ecological Conservation Status of Some Fertilised Grasslands from Romania. **Diversity**, v. 14, n. 12, dec. 2022.

MATOS, P. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N. Effect of different forest management practices on the soil macrofauna in the arboreal Caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 3, p. 741-750, Out. 2019.

MAZUR, A. Quantity and Quality of Surface and Subsurface Runoff from an Eroded Loess Slope Used for Agricultural Purposes. **Water**, v. 10, p. 1132, 2018.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 6.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, 2011.

MELCHIOR, I. C.; NEWIG, J. Governing Transitions towards Sustainable Agriculture – Talking stock of na Emerging Field of Research. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 528, 2021.

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, dec. 2019.

MENDES, I. C.; CHAER, G. M.; SOUSA, D. M. G.; JUNIOR, F. B. R.; DANTAS, O. D.; OLIVEIRA, M. I. L.; LOPES, A. A. C.; SOUZA, L. M. S. Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola. **Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia**, Informações Agronômicas, n. 8, p. 1-11, 2020.

MENDES, T. A.; DE MELLO, N. A.; DOS SANTOS TELLES, C. O Índice de Qualidade Participativo a partir da análise da qualidade do sistema de plantio direto: Um estudo de caso no município de Clevelândia (PR), Brasil. **Revista de Extensão e Estudos Rurais**, v. 8, n. 1, p. 103–122, sep. 2019.

MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BISCAIA, R. C. M.; BARBOSA, G. M. C.; CONTE, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 85-93, sep. 2015.

MINGOTTE, F. L. C.; LEAL, F. T.; ALMEIRA, M. M. Y.; MORELLO, O. F.; CUNHA-CHIAMOLERA, T. P. L.; LEMOS, L. B. Nitrogen accumulation and export by common

bean as a function of straw and n splitting in no-tillage system. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 1, p. 108-118, 2021.

MIRANDA, C. B.; GARCIA, D. A. Z.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P. Os vertebrados brasileiros em livros didáticos de biologia. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 15, n. 7, p. 71–85, dec. 2020.

MISHRA, C. S. K.; SAMAL, S.; SAMAL, R. R. Evaluating earthworms as candidates for remediating pesticide contaminated agricultural soil: a review. **Frontiers**, v. 10, oct. 2022.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D.G.; GRP, P. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **Academia and Clinic**, v. 89, p. 873–880, 2009.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. *In*: BOTTOMLEY, P. J.; ANGLE, J. S.; WEAVER, R. W. (Eds.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. Part 2**. Madison: SSSA, p. 517-542, 1994.

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.

MORALES-MÁRQUEZ, J.; MELONI, F. Soil Fauna and its potential use in the ecological restoration of dryland ecosystems. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 6, 2022.

MORENTE, M.; CAMPOS, M.; RUANO, F. Evaluation of two different methods to measure the effects of the management regime on the olive-canopy arthropod community. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 259, p. 111-118, may. 2018.

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

NOVAK, E.; CARVALHO, L. A.; SANTIAGO, E. F.; FERREIRA, F. S.; MAESTRE, M. R. Composição química do solo em diferentes condições ambientais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1063-1085, jul. 2021.

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.

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.

PASCHOAL, M. C. G.; CAGNA, C. P.; FILHO, O. G.; MAZZANI-GUEDES, R. B. Visual Evaluation of Soil Structure in Maize and Forage Grasses Intercropping under No-Tillage. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, p. 1-8, 2020.

PAZ-FERREIRO, J.; FU, S. Biological Indices for Soil Quality Evaluation: perspectives and limitations. **Land Degradation e Development**, v. 27, n. 1, p. 14-25, 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, apr. 2020.

PENG, Y.; HOLMSTRUP, M.; SCHMIDT, I. K.; DE SCHRIJVER, A.; SCHELFHOUT, S.; HEDENEC, P.; ZHENG, H.; BACHEGA, L. R.; YUE, K. VESTERDAL, L. Litter quality, mycorrhizal association, and soil properties regulate effects of tree species on the soil fauna community. **Geoderma**, v. 407, feb. 2022.

PEREIRA, J. M.; BARRETA, D.; FILHO, L. C. I. O.; BARRETA, C. R. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Florestal de Araucária. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 242-257, jan. 2020.

PEREIRA, P. R. V. S. Identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados a produtos armazenados. **Embrapa Roraima**, Documentos 01, Boa Vista, p. 39, 2002.

PERON, R. A. S.; TOMAZELLI, D.; KRAFT, E.; BALDISSERA, T. C.; BARETTA, D.; PINTO, C. E.; GROSS-SOUZA, D.; FILHO, L. C. I. O.; FILHO, O. K. Grassland management intensification affects the soil fauna in a subtropical highland. **Annals of Applied Biology**, v. 183, n. 1, p.53-66, 2023.

PESSOTTO, M. D. F.; SANTANA, N. A.; JACQUES, R. J. S.; FREIBERG, J. A.; MACHADO, D. do N.; PIAZZA, E. M.; ROSA NETO, L.; ANTONIOLLI, Z. I. RELAÇÃO DO USO DO SOLO COM A DIVERSIDADE E A ATIVIDADE DA FAUNA EDÁFICA. **Nativa**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 397-402, 2020.

PINHEIRO JUNIOR, E. C.; SILVA, N. C. Levantamento da fauna de coleopteran em um fragment florestal no município de Abaetetuba-PA. **Scientia vitae**, v. 13, n. 36, 2022.

POLIDORO, J. C.; FREITAS, P. L.; HERNANI, L. C.; ANJOS, L. H. C.; RODRIGUES, R. A. R.; CESÁRIO, F. V.; ANDRADE, A. G.; RIBEIRO, J, L. Potential impact of plans and policies based on the principles of conservation agriculture on the control of soil erosion in Brazil. **Land Degradation e Development**, v. 32, n. 12, p. 3457-3468, jul. 2021.

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 de Pós Graduação em Ciências do Solo, Lages, 2020a.

POMPEO, P. N.; FILHO, L. C. I. O.; FILHO, O. K.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, D. Coleoptera diversity and soil properties in land use systems. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 3, p. 1-10, 2020b.

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.

PORTER, L.; KHALIL, S.; FORNECK, A.; WINTER, S.; GRIESSER, M. Effects of Ground Cover Management, Landscape Elements and Local Conditions on Carabid (Coleoptera:Carabidae) Diversity and Vine Vitality in Temperate Vineyards. **Agronomy**, v. 12, n. 6, p. 1368, may. 2022.

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.

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.

RAHMAN, M.; UDDIN, M.; LODORFOS, G. Barriers to enter in foreign markets: evidence from SMEs in emerging market. **International Marketing Review**, v. 34, n. 1, p. 68-86, 2017.

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.

REMELLI, S.; PETRELLA, E.; CHELLI, A.; CONTI, F. D.; FONDÓN, C. L.; CELICO, F.; FRANCESE, R.; MENTA, C. Hydrodynamic and soil biodiversity characterization in an active landslide. **Water, Switzerland**, v. 11, n. 9, p. 1882, 2019.

RIBEIRO, R. P.; ARONI, P. Normatização, ética e indicadores bibliométricos em divulgação científica: revisão integrativa. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 72, n. 6, p. 1723-1729, 2019.

RICHTER, *et al.* Levantamento da arborização urbana de Mata/RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.7, n.3, p.84-92, 2012.

RINOT, O.; LEVY, G. J.; STEINBERGER, Y.; SVORAY, T.; ESHEL, G. Soil health assessment: A critical review of current methodologies and a proposed new approach. **The Science of the Total Environment**, v. 648, p. 1484-1491, 2019.

RODRIGUEZ, L.; SUÁREZ, J. C.; PULLEMAN, M.; GUACA, L.; RICO, A.; ROMERO, M.; QUINTERO, M.; LAVELLE, P. Agroforestry systems in the Colombian Amazon improve the provision of soil ecosystem services. **Applied Soil Ecology**, v. 164, 2021.

RONG, Z.; WU, B. Scientific personnel reallocation and firm innovation: Evidence from China's college expansion. **Journal of Comparative Economics**, v. 48, n. 3, p. 709-728, 2020.

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, n. 6, p. 1544-1553, 2015.

RUEDA-RAMÍREZ, D.; RAMÍREZ, A. V.; RAVELO, E. E.; MORAES, G. J. Edaphic mesostigmatid mites (Acari: Mesostigmata) and thrips (Insecta: Thysanoptera) in rose cultivation and secondary vegetation areas in the Bogotá plateau, Colombia. **International Journal of Acarology**, v. 47, n. 1, p. 8-22, 2021.

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, jan. 2020a.

SALOMÃO, V. L. N.; RIBON, A. A.; SOUZA, I. C. O ensino de solos na educação básica: estudos de caso de duas escolas da rede privada no município de Palmeiras de Goiás-GO. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 17, n. 34, p. 355, 2020b.

SANTOS, D. P.; MARCHÃO, R. L.; BARBOSA, R. S.; JUNIOR SILVA, J. P.; SILVA, E. M.; NÓBREGA, J. C. A.; NIVA, C. C.; SANTOS, G. G. Soil macrofauna associated with cover crops in an Oxisol from the southwest of Piauí state, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 87, p. 1-9, Jun. 2020a.

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, n. 10, 2017.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de solo**. 5. Ed., Brasília, DF, Embrapa, 2018.

SANTOS, J. S.; ANTUNES DE CARVALHO, A. J. Os agroecossistemas tradicionais e sua influência na paisagem da caatinga. **GeoTextos**, [S. l.], v. 18, n. 1, 2022.

SANTOS, M. V.; CAVALLERI, A.; SILVA Jr, J. C. Forest regeneration affects litter fungivorous thrips fauna (Insecta: Thysanoptera) in Atlantic forest. **Acta Brasiliensis**, v. 4, n. 3, p. 149-155, set. 2020b. SBARAINI, A. H.; CORRÊIA, A. F.; ROSSET, J. S. Participatory quality index (IQP) of the no-tillage system of rural properties in two municipalities in the western region of the state of Paraná. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 634-654, 2022.

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, feb. 2015.

SILVA, B. C.; TREVISAN, A. C. D.; ELGUY, L. G. P.; BENAMÚ, M. A.; SILVA, V. L. Análise da macrofauna edáfica em pomar caseiro: subsídios para implantação de quintais agroflorestais no bioma pampa. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 44-60, feb. 2023.

SILVA, C. D. D. Fauna do solo e classificações ecológicas utilizadas. **Naturae**, v. 3, n. 2, p. 1-5, mar. 2021a.

SILVA, J. R. I.; SOUZA, E. S.; SOUZA, R.; SANTOS, E. S.; DANTAS, A. C. Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 272-283, jun. 2019.

SILVA, L. C. M.; AVANZI, J. C.; PEIXOTO, D. S.; MERLO, M. N.; BORGHI, E.;

- RESENDE, A. V.; ACUNÃ-GUZMAN, S. F.; SILVA, B. M. Ecological intensification of cropping systems enhances soil functions, mitigates soil erosion, and promotes crop resilience to dry spells in the Brazilian Cerrado. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 9, n. 4, p. 591-604, dec. 2021b.
- SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, D. F.; SILVA COSTA, K. D. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838–47855, jul. 2020.
- SILVA, S. I. A.; SOUZA, T.; DE LUCENA, E. O.; LAURINDO, L. K.; SANTOS, D. Crop systems' influence on soil fauna community in the Brazilian northeast. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 829-855, jun. 2022.
- SIMON, C. P.; GOMES, T. F.; PESSOA, T. N.; SOLTANGHEISI, A.; BIELUCZYK, W.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A.; CHERUBIN, M. R. Soil quality literature in Brazil: A systematic review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.
- SIMON, M. V.; SHIMADA, B. S.; CUNHA, L. D. S.; RAMBO, K. L.; FINKEN, P. H. O sistema de plantio direto como fator de aumento da produtividade das culturas. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 30, jul. 2021.
- SINHA, R.; ZILPE, S. L. Role of Ants in sustainable agriculture. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, v. 5, n. 1, jan. 2023.
- 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.
- SOFO, A.; MININNI, A. N.; RICCIUTI, P. Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in fruit orchard agrosystems. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 456, 2020.
- SOUZA, T. A. F.; FREITAS, H. Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in the Brazilian tropical seasonal dry forest. **Ecological Processes**, v. 6, n. 1, dec. 2017.
- SWIFT, M. J.; HEAL, OLIVER. W.; ANDERSON, J. M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford, Blackwell, p, 372, 1979.
- TAN, B.; YIN, R.; ZHANG, J.; XU, Z.; LIU, Y.; HE, S.; ZHANG, L.; LI, H.; WANG, L.; LIU, S.; YOU, C.; PENG, C. Temperature and Moisture Modulate the Contribution of Soil Fauna to Litter Decomposition via Different Pathways. **Ecosystems**, v. 24, p. 1142-1156, Oct. 2021.
- TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J.; DA COSTA, G. V.; VOLSI, B.; DE OLIVEIRA, J. F. Conservation agriculture practices adopted in southern Brazil. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 17, n. 5, p. 338-336, sep. 2019.
- TELNOV, D. Order Coleoptera, family Anthicidae. **Dar Al Ummah Printing, Publishing, Distribution e Advertising**, Abu Dhabi, v. 1, p. 270-292, 2008.
- TELNOV, D.; BUKEJS, A. Catalogue and composition of fossil Anthicidar and Ischaliidae (Insecta: Coleoptera). **Palaeontologia Electronica**, v. 22, n. 1, 2019.

- TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; CASTALDELLI, A. P. A. Wastewater use in agriculture and potential effects on meso and macrofauna soil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 6, p. 976- 983, 2016.
- THOMAZINI, G.; REICHEMBACK, M. P.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio mineral em milho cultivado em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 396–407, jan. 2020.
- TISOTT, S. T.; SCHMIDT, V. Expansão e intensificação das culturas agrícolas no Bioma Cerrado na Região Centro-Oeste do Brasil. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 2280–2294, jul. 2021.
- TOLFO, E. F. **Composição e diversidade da fauna edáfica sob sistema de sucessão rotação de culturas associadas ao uso de plantas de cobertura**. Dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Mestrado em Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Dois Vizinhos, 2022.
- TRINDADE-SANTOS, M. E.; CASTRO, M. S. Manejo ecológico do solo: chave para o processo de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 12, mar. 2021.
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. 7. edição. São Paulo: Editora Cengage Learning; 2011.
- TSIAFOULI, M. A.; THÉBAULT, E.; SGARDELIS, A. P.; RUITES P. C.; PUTTEN, W. H. V.; BIRKHOFFER, K.; HEMERIK, L.; VRIES, F. T.; BARDGETT, R. D.; BRADY, M. V.; BJORNLUND, L.; JORGENSEN, H. B.; CHRISTENSEN, S.; HERTEFELDT, T. D.; HOES, S.; HOL, W. H. G.; FROUZ, J.; LIIRI, M.; MORTIMES, S. R.; SETALA, H.; TZANOPOULOS, J.; UTESENY, K.; PIZL, V.; STARY, J.; WOLTERS, V.; HEDLUND, K. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. **Global Change Biology**, v. 21, n. 2, p. 973-985, 2014.
- VAN RENSBURG, B. J.; MCGEOCH, M. A.; CHOWN, S. L.; VAN JAARVELD, A. S. Conservation of heterogeneity among dung beetles in the Maputaland Centro of Endemism, South Africa. **Biological Conservation**, v. 88, p. 145-153, 1999.
- VANOLLI, B. S.; PEREIRA, A. P. A.; FRANCO, A. L. C.; CHERUBIN, M. R. Edaphic and epigeic macrofauna responses to land use change in Brazil. **European Journal of soil Biology**, v. 177, jul. 2023.
- VASCONCELOS, W. L. F.; RODRIGUES, D. M.; SILVA, R. O. C.; ALFAIA, S. S. Diversity and abundance of soil macrofauna in three land use systems in eastern Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 2020.
- VEZZANI, F. M. Solos e os Serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 673-684, dec. 2015.
- VICIAN, V.; SVITOK, M.; KOCIK, K.; STASIOV, S. The influence of agricultural management on the structure of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages. **Biologia**, v. 70, p. 240-251, 2015.
- VIEIRA, R. D.; DOS SANTOS, H. S. T.; PIRES, N. M.; SOARES, S. S.; SILVA, T. F.;



- SILVA, P. M.; VIEIRA, W. D.; LEANDRO, W. M. Sistema de plantio direto em hortaliças: O caso do tomateiro industrial em Goiás. **Scientific Electronic Archives**, v.15, n. 4, abr. 2022.
- VINCENT, A.; LEYVAL, C.; BEGUIRISTAIN, T.; AUCLERC. Functional structure and composition of Collembola and soil macrofauna communities depend on abiotic parameters in derelict soils. **Applied Soil Ecology**, v. 130, p. 259-270, sep. 2018.
- VRIES, F. T.; THÉBAULT, E.; LIIRI, M.; BIRKHOFFER, K.; TSIAFOULI, M. A.; BJORN LUND, L.; JORGENSEN, H. B.; BRADY, M. V.; CHRISTENSEN, S.; RUITER, P. C.; HERTEFELDT, T.; FROUZ, J.; HEDLUND, K.; HEMERIK, L.; HOL, W. H. G.; HOTES, S.; MORTIMER, S. R.; SETALA, H.; SGARDELIS, S. P.; UTESENY, K.; PUTTEN, W. H. V.; VOLTERS, V.; BARDGETT, R. D. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use system. **PNAS**, v. 110, n. 35, p. 14296-14301, Aug. 2013.
- WANG, L.; DALABAY, N.; LU, P.; WU, F. Effects of tillage practices and slope on runoff and erosion of soil from the Loess Plateau, China, subjected to simulated rainfall. **Soil and Tillage Research**, v. 166, p. 147-156, mar. 2017.
- WANG, S.; LV, R.; YIN, X.; FENG, P.; HU, K. Effects of the Ratio of substituting Mineral Fertilizers with Manure Nitrogen on Soil Properties and Vegetable Yields in China: a Meta-Analysis. **Plants**, v. 12, n. 4, p. 964, 2023.
- YADAV, A. N. Plant Microbiomes for Sustainable Agriculture: Current Research and Future Challenges. **Plant Microbiomes for Sustainable Agriculture**, v. 25, p. 475–482, mar. 2020.
- YAMAN, C.; SIMSEK, S. Insecticidal effect of from three *Hypericum species* extracts against *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* and *Tribolium confusum*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021.
- YAPRAK, A.; YOSUN, T.; CETINDAMAR, D. The influence of firm specific and country specific advantages in the internationalization of emerging market firms: Evidence from Turkey. **International Business Review**, v. 27, n. 1, p. 198-207, 2018.
- ZAGATTO, M. R. G.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; PEREIRA, A. P. A.; ESTRADA-BONILLA, G.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil mesofauna in consolidated land use systems: How management affects soil and litter invertebrates. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 2, p. 165-171, mar. 2019.
- ZULKALIDHAH, Z.; WARDAH, W.; SELEH, S.; SATRIAWAN, W.; HAPID, A.; WULANDARI, R.; WAHYUNI, D.; TAIYEB, A.; RUKMI, R.; RAHMAWATI, R.; HAMKA, H. Soil Macrofauna Diversity and Litter Decomposition Rate in the Buffer Zone of Lore Lindu Biosphere Reserve Indonesia. **International Journal of Design e Nature and Ecodynamics**, v. 17, n. 5, p. 753-760, oct. 2022.
- ZULU, S. G.; MOTSA, N. M.; SITHOLE, N. J.; MAGWAZA, L. S.; NCAMA, K. Soil macrofauna abundance and taxonomic richness under Long-Term No-Till conservation agriculture in a Semi-Arid Environment of South Africa. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 722, mar. 2022.