

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação
Câmpus de Ourinhos

JOSY CARLA DOS SANTOS

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREA
DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA NO MUNICÍPIO DE
OURINHOS/SP**

Ourinhos – SP

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação
Câmpus de Ourinhos

JOSY CARLA DOS SANTOS

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREA
DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA NO MUNICÍPIO DE
OURINHOS/SP**

*Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à banca examinadora para
obtenção do título de Bacharel em
Geografia pela FCTE/UNESP – Câmpus
de Ourinhos.*

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Cristina Perusi.

Ourinhos – SP

2023

S237i

Santos, Josy Carla dos

Indicadores Biológicos de qualidade do solo em área de
transição agroecológica no município de Ourinhos/SP /
Josy Carla dos Santos. -- Ourinhos, 2023

74 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado
Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação, Ourinhos
Orientadora: Maria Cristina Perusi

1. Indicadores biológicos de qualidade do solo. 2.
Macrofauna edáfica. 3. Agroecologia. 4. saúde do solo. 5.

Funções Ecológicas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências, Tecnologia e Educação, Ourinhos. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Banca examinadora

Prof.^a Dr.^a Maria Cristina Perusi

Dr. Julio Cesar Demarchi

Me. Carlos Eduardo Barros

Ourinhos, 12/06/2023.

DEDICATÓRIA

A construção deste projeto não seria possível se minha caminhada não tivesse se enlaçado dentre outras manifestações de vida.

Agradeço a Jah, aos meus antepassados e todas as entidades que me acompanham, me guiam, me protegem, me orientam e me fortalecem como mulher, coração de bananeira.

Gratidão a minha família: mami soberana Izabel, que permitiu e possibilitou o vôo de sua passarinha para outros cantos e se encontrar, te amo profundamente feito as águas do rio Paranapanema. Minhas queridas irmãs, Maria a mais nova, artista desde sempre, alma profunda e uma pessoa de luta que me inspira... Lays, a mais velha, uma das pessoas mais corajosas, forte, bonita que sempre cuidou de nós e da nossa mãe. Vocês são minhas raízes.

Gratidão aos meus amigos: Mari Moreno e Huguinho, seu apoio, afago e incentivo foram determinantes nas horas em que mais precisei no meu processo de desenvolvimento na graduação, pude amadurecer e florescer com vocês. Milagre e Nath Amorim, amores eternos que tive a honra de partilhar a morada e evoluir junto, o que já passamos, em?! , agradeço o caminho percorrido. Edu que chegou num momento de fechamento de vários ciclos, mas pude conectar o meu coração com o seu, e abrir uma nova forma de manifestação da vida. Pablito, meu parceiro praticamente para tudo, nadar no rio Paranapanema, fazer trabalhos, correr pelo reggae Sound System, espiritualizar através do fogo, estudar... caraca, meu querido amigo, você é muito especial pra mim. July, rainha das plantas medicinais, amiga sonhadora e enraizada firmemente, valorizo muito nosso laço e tudo que pude construir com você até agora. Paola Dasplanta, minha parceira agrofrôrestôra, sou muito feliz caminhando com você. Agradeço a Aninha, companheira de morada, moça delicada e atenciosa que Jah me presenteou. Vocês são pessoas de alma bonita que carregarei na alma por toda vida.

Gratidão ao projeto “Comida de Verdade”. Foi graças a esse projeto que meu coração se conectou com o de Dona Nalva e pude desenvolver tanta vida a partir dele, em especial, este estudo.

Agradeço a todes professores e professoras, funcionários e o pessoal de serviços e manutenção da FCTE/UNESP Câmpus de Ourinhos, especialmente ao Julio Demarchi e Rafael Augusto, que sempre me orientaram e fizeram acontecer com que muitos caminhos fossem possíveis dentro da universidade pública.

Agradeço a PROPE, CAPES, PIBID, PIBIC, COPE CONECTA, entidades e fomentos que garantiram minha permanência na universidade pública e viabilizaram meu desenvolvimento na educação e na pesquisa.

Agradeço a própria instituição FCTE/UNESP Câmpus de Ourinhos que mudou a história da minha vida.

Agradeço a dona Nalva pela sintonia, abertura e caminhos que começamos a trilhar juntas pela agroecologia no município de Ourinhos/SP, uma pessoa incrível que me ensina a amar, a me integrar aos processos da natureza, a lutar pela vida, e principalmente para que todes tenham acesso a um alimento saudável.

Sobretudo, sou imensamente grata a Maria Cristina Perusi, que enxergou e impulsionou a minha forma mais bonita de caminhar, que acreditou, confiou e lutou para que eu caminhasse até aqui. Sinto amor, afeto, carinho, admiração e muito respeito por você Cris, que mudou a minha vida.

EPÍGRAFE

*“A Terra, não é uma rocha onde há vida,
A Terra é viva.”*

Ailton Krenak

RESUMO

Historicamente, o campo agrário brasileiro foi tomado por processos coloniais como a concentração de terras e a exploração do trabalho camponês, que implicou na farmerização do campesinato e na modernização do latifúndio para a implantação do modo de produção capitalista na agricultura. A implantação de relações capitalistas de produção no meio rural gera mais impactos ambientais e sociais negativos que os sistemas agrícolas de sucessão familiar integrados a autopoiese dos ecossistemas. A produção de alimentos e matérias-primas é feita predominantemente a partir do manejo convencional do solo, monocultor e agroexportador, caracterizado pela retirada da cobertura vegetal, queimada de espécies espontâneas pré-existentes, mecanização agrícola, uso indiscriminado de agrotóxicos, sementes geneticamente modificadas, entre outros. O solo é vivo e dinâmico, e essa vida se manifesta principalmente na presença da macrofauna edáfica, muito sensível ao manejo degradante. Desta forma, a agroecologia tem sido amplamente difundida como guardiã da agrobiodiversidade, que resgata as tecnologias ancestrais dos povos que integram a diversidade sociocultural brasileira, em que agrega valor aos bens produzidos nos agroecossistemas, incentivando uma produção sadia em todos os sentidos, o que favorece inclusive a gestão participativa e geração de renda sob a égide da economia solidária. Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho foi identificar a qualidade biológica do solo de um estabelecimento rural no município de Ourinhos/SP. Para atingir o objetivo foi quantificada e qualificada a macrofauna edáfica em área de transição agroecológica, pousio e mata secundária em recuperação. Neste caminho, determinaram-se os bioindicadores através da metodologia do *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF). A classificação taxonômica, em nível de ordem, e em funções ecológicas permitiram concluir que todas as áreas de estudos apresentaram organismos predominantemente Detritívoros, se alimentam de matéria orgânica em decomposição; seguidos por Fitófagos, se alimentam e digerem tecidos vivos de plantas; Engenheiros do ecossistema, possui forte impacto físico sobre o solo, transportando, construindo estruturas e formando poros; e por fim Transformadores de serrapilheira, que fragmentam os detritos vegetais, tornando-os mais acessíveis para os microrganismos decompositores, portanto, as áreas analisadas são degradadas pois não correspondem ao seu ecossistema de origem, mas as funções ecológicas dos organismos bioindicadores que predominaram neste estudo indicam o processo de regeneração dos três usos, pois os processos dessas referidas funções contribuem para a manutenção e a produtividade dos ecossistemas, influenciando a saúde e a qualidade do solo.

Palavras-chave: Macrofauna edáfica; agroecologia; funções ecológicas; saúde do solo; questão agrária no Brasil.

ABSTRACT

Historically, the Brazilian agrarian field was taken over by colonial processes such as the concentration of land and the exploitation of peasant labor, which implied the farming of the peasantry and the modernization of the large estates for the implementation of the capitalist mode of production in agriculture. The implantation of capitalist relations of production in the rural environment generates more negative environmental and social impacts than the agricultural systems of family succession integrated to the autopoiesis of the ecosystems. The production of food and raw materials is predominantly based on conventional soil management, monoculture and agro-export, characterized by the removal of vegetation cover, burning of pre-existing spontaneous species, agricultural mechanization, indiscriminate use of pesticides, genetically modified seeds, between others. The soil is alive and dynamic, and this life manifests itself mainly in the presence of edaphic macrofauna, very sensitive to degrading management. In this way, agroecology has been widely disseminated as a guardian of agrobiodiversity, which rescues the ancestral technologies of the peoples that make up the Brazilian sociocultural diversity, in which it adds value to the goods produced in agroecosystems, encouraging healthy production in all senses, which favors including participatory management and income generation under the umbrella of solidarity economy. In this sense, the general objective of this work was to identify the biological quality of the soil of a rural establishment in the municipality of Ourinhos/SP. To achieve the objective, the edaphic macrofauna was quantified and qualified in an area of agroecological transition, fallow land and secondary forest in recovery. In this way, bioindicators were determined using the *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) methodology. The taxonomic classification, in order level, and in ecological functions allowed to conclude that all the study areas presented organisms predominantly Detritivores, that feed on decomposing organic matter; followed by Phytophages, feed and digest living plant tissues; Ecosystem engineers, have a strong physical impact on the soil, transporting, building structures and forming pores; and finally litter transformers, which fragment plant debris, making them more accessible to decomposing microorganisms, therefore, the analyzed areas are degraded because they do not correspond to their ecosystem of origin, but the ecological functions of the bioindicator organisms that predominated in this study indicate the regeneration process of the three uses, as the processes of these functions contribute to the maintenance and productivity of ecosystems, influencing the health and quality of the soil.

Keywords: Edaphic macrofauna; agroecology; ecological functions; soil health; agrarian question in Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Escala do tempo geológica.....	14
Figura 2 Composição do horizonte superficial A de um solo em boas condições para o crescimento das plantas	15
Figura 3 Classificação da fauna de solo por diâmetro corporal	20
Figura 4 Besouro em flor representando a Ordem Coleoptera.....	23
Figura 5 Formigas cortadeiras em um trabalho noturno com baixa pressão.	24
Figura 6 Registro fotográfico de um pulgão.....	25
Figura 7 Minhoca da espécie <i>Glossoscolex palus</i> em pastagem	26
Figura 8 Padrão morfológico dos isópodes terrestres.....	27
Figura 9 Díptera da família Tabanidae.....	28
Figura 10 Aranhas (Arachnida, Araneae).....	29
Figura 11 Organismos da Ordem Diplopoda do Brasil	30
Figura 12 Caramujo-Gigante-Africano	31
Figura 13 Organismo planária, da ordem Seriata.....	31
Figura 14 Estágios do Cupim.....	32
Figura 15 Uso de agrotóxicos no estado de São Paulo.....	38
Figura 16 Localização do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”, município de Ourinhos/SP. 43	
Figura 17 Fitofisionomia do domínio morfoclimático da Mata Atlântica.....	44
Figura 18 Mapa pedológico do município de Ourinhos/SP	45
Figura 19 Método de controle do Caramujo adotado pela agricultora dona Nalva.....	47
Figura 20 Procedimento de campo da metodologia TSBF.....	49
Figura 22 Localização dos pontos de coleta na área de estudo.	50
Figura 23 Coleta da macrofauna edáfica na área de pousio.	53
Figura 24 Coleta da macrofauna edáfica no primeiro ponto da área de transição agroecológica.....	54
Figura 25 Torrão com túneis do trecho de um ninho de formigueiro.....	56
Figura 26 Organismos predominantes na área de Pousio.....	57
Figura 27 Organismos predominantes na área de mata secundária.....	59
Figura 28 Organismos predominantes na área de transição agroecológica.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Alguns grupos de macroinvertebrados edáficos, tipo de indicação e algumas referências como indicadores de qualidade do solo.	21
Tabela 2 Quantificação da macrofauna do solo em área de Pousio	57
Tabela 3 Quantificação da macrofauna do solo em área de mata secundária	59
Tabela 4 Quantificação da macrofauna do solo em área de transição agroecológica.....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Vida na terra, vida nos solos: contexto, conceitos, processos e características	13
3.2 Fauna edáfica e sua relação com o solo.....	20
3.3 Macrofauna edáfica como bioindicadora de qualidade do solo.....	22
3.3.1 <i>Coleoptera</i>	22
3.3.2 <i>Hymenoptera</i>	23
3.3.3 <i>Hemiptera</i>	25
3.3.4 <i>Anelídeo</i>	25
3.3.5 <i>Isopoda</i>	26
3.3.6 <i>Diptera</i>	27
3.3.7 <i>Araneae</i>	28
3.3.8 <i>Polydesmida</i>	29
3.3.9 <i>Pulmonata</i>	30
3.3.10 <i>Seriata</i>	31
3.3.11 <i>Blattodea</i>	31
3.4 Parâmetros para adoção da macrofauna edáfica como bioindicadora de qualidade do solo	32
3.5 Agricultura no Brasil e preparo do solo.....	33
3.5.1 Modelo tradicional e originário de preparo e uso do solo.....	33
3.5.2 A modernização da agricultura: contexto histórico, características e consequências	34
3.5.3 Agroecologia: resgate com base científica dos saberes tradicionais e ancestrais.....	39
4 MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
4.1 Material	42
4.1.1 Características gerais do município de Ourinhos/SP e área de estudo.....	42
4.2 Procedimentos metodológicos	48
4.2.1 Procedimentos de campo	48
4.2.1.1 Área de mata em regeneração.....	52
4.2.1.2 Área de pousio.....	53
4.2.1.3 Área de transição agroecológica.....	54
4.2.2 Procedimentos de laboratório.....	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 Análises quantitativas e qualitativas na área de Pousio do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”	55
5.2 Análises quantitativas e qualitativas na área de Mata Secundária em regeneração do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”	58

SUMÁRIO

5.3 Análises quantitativas e qualitativas na área de Transição Agroecológica do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”	60
6 CONCLUSÕES	62
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
8 REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Durante centenas de anos, a construção do conhecimento tradicional da ciência ocidentalizada foi de separação. Os pesquisadores possuíam um olhar objetivo ao qual o conduzia separar-se daquilo que está sendo estudado para obter uma suposta objetividade. Este caminhar da ciência levou a criar muitas tecnologias, curas para doenças e máquinas, por um preço ambiental que todos os integrantes da biosfera pagam por esse suposto sucesso de uma visão de desenvolvimento que buscou de todas as formas ser imposto, a partir da colonização. Entretanto, nas diversas transformações dos saberes na ciência, o estudo do espaço geográfico e as relações nele estabelecidas através da Geografia permite abdicar dos métodos convencionais e monocultores do pensamento, sendo possível trabalhar de forma integrada os aspectos físicos e humanos, sendo por esse caminho que o trabalho foi desenvolvido.

Os solos fazem parte dos ecossistemas terrestres e se encontram na interface entre a hidrosfera, atmosfera, litosfera (AZEVEDO; PEDRON; DALMOLIN, 2007), biosfera, antroposfera, inclusive com a noosfera, a esfera da razão.

Caracterizado pela substituição de um ecossistema plural, ancestral e diversificado, por uma monocultura agroexportadora, retirada da cobertura vegetal e dizimação das culturas pré-existentes, uso indiscriminado de agrotóxicos e sementes geneticamente modificadas, historicamente o manejo convencional e intensivo de preparo do solo se generalizou no campo agrário brasileiro, em especial, a partir da década de 1960, com a suposta modernização da agricultura e revolução verde (PERUSI; ALANIZ; BARROS, 2020). Como consequência, são registrados impactos socioambientais negativos como contaminação da água, compactação e erosão do solo, perda da biodiversidade, precarização do trabalho camponês, entre outras consequências deletérias.

Sobre esse assunto, Primavesi (2016) esclarece que solos degradados produzem plantas deficientes, doentes, facilmente atacadas por “pragas” que demandam muitos defensivos agrícolas. De acordo com a referida autora, o baixo nível de alguns elementos na alimentação humana como o zinco e o alto consumo de outros, como o chumbo, cádmio, cobre e agroquímicos, podem estar associados com a epilepsia, depressão, câncer, problemas neurológicos, entre outras doenças. Nesse sentido, o depauperamento dos solos é também da humanidade.

Solos bem estruturados e em condições apropriadas são a morada de diversos seres vivos que fazem parte da micro, meso e macrofauna desse sistema. De acordo com Melo (2009), as funções ecológicas da meso e macrofauna estão associadas aos diferentes processos de ciclagem

de nutrientes, revolvimento do solo, incorporação da matéria orgânica e o controle biológico de “pragas” e doenças. Portanto, os organismos que compõem a macrofauna são importantes indicadores biológicos de qualidade do solo. Desta forma, sua riqueza e diversidade indicam diferenças no seu funcionamento que, aliás, são muito sensíveis às mudanças nos usos da terra. De acordo com Hoffmann et al. (2018, p. 125), “a macrofauna edáfica compreende organismos com comprimento de corpo maior que 2 mm, sendo fundamentais no processo de mineralização e humificação da matéria orgânica”, possíveis que exerçam essas funções desde que o sistema esteja em equilíbrio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Qualificar e quantificar a macrofauna do solo em área de transição agroecológica, mata secundária e pousio na chácara Nalva Agroecologia, município de Ourinhos/SP.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a influência dos macroinvertebrados edáficos no solo encontrados nas áreas de coleta;
- Valorizar o diálogo de saberes entre conhecimento tradicional e conhecimento científico;
- Colaborar com as pesquisas sobre vida no solo em áreas de transição agroecológica.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Vida na terra, vida nos solos: contexto, conceitos, processos e características

A história da Terra, também chamada de Gaia (PERES; SORRENTINO, 2021, p. 4); Yvy ou Ibi, em Guarani (FUNAI, s.d.); Onilé, em Yorubá (MANUELA, 2008), conforme caracteriza Teixeira (2014) começa há 4,6 bilhões de anos, em que nos primeiros 1 bilhão de anos de seu nascimento, denominado na escala de tempo geológico como Éon Hadeano (FIGURA 1) não havia vida organizada. Somente há 3,8 bilhões de anos, no Éon Arqueano, a vida começa a evoluir através de seres unicelulares, e durante 3 bilhões de anos só havia bactérias pois para a época, a atmosfera primitiva tinha altas concentrações de gases tóxicos como metano, amônia e monóxido de carbono, havia pouco oxigênio e não havia camada de ozônio para proteger a vida dos raios ultravioletas. Há milhões de anos, no Éon Proterozóico, as cianobactérias mutaram-se e fizeram uma das maiores revoluções do planeta ao utilizarem o Sol como fonte de energia e encontrar na água o hidrogênio para criar seu próprio alimento através da fotossíntese, dando origem a todas as formas de vida que existem no presente momento e até mesmo as que já se extinguíram.

Os solos, tal como conhecemos e observamos hoje, surgiu somente sobre a superfície terrestre a partir do avanço das primeiras plantas sobre esta, fato que ocorreu no Siluriano (422 milhões de anos a 418 milhões de anos atrás) devido a estruturação do ciclo hidrológico (LADEIRA, 2010).

Figura 1 Escala do tempo geológica.

Éon	Era	Período	Época	Intervalo (em Ma)
Éon Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Holoceno	0,0117 a 0 ('hoje')
			Pleistoceno	2,588 a 0,0117
		Neógeno	Plioceno	5,333 a 2,588
			Mioceno	23,03 a 5,333
			Oligoceno	33,9 a 23,03
		Paleógeno	Eoceno	56,0 a 33,9
			Paleoceno	66,0 a 56,0
			Cretáceo	145 a 66
		Mesozoico	Jurássico	201 a 145
	Triássico		252 a 201	
	Permiano		299 a 252	
	Paleozoico	Carbonífero	359 a 299	
		Devoniano	419 a 359	
		Siluriano	443 a 419	
		Ordoviciano	485 a 443	
Cambriano		541 a 485		
Proterozoico	Neoproterozoico		1000 a 541	
	Mesoproterozoico		1600 a 1000	
	Paleoproterozoico		2500 a 1600	
Arqueano	Neoarqueano		2800 a 2500	
	Mesoarqueano		3200 a 2800	
	Paleoarqueano		3600 a 3200	
	Eoarqueano		4000 a 3600	
Hadeano			4560 a 4000	

Fonte: UEPG (2018)

Essa configuração atual dos seres vivos só foi possível porque após milhares de anos de evolução as cianobactérias criaram um ambiente para que fosse possível a vida evoluir neste planeta. Margulis (2002) começou a encontrar evidências que afirmam que as mitocôndrias e cloroplastos foram no passado bactérias, sustentando a teoria de endossimbiose que já havia sido levantada, ao qual propõe para a evolução a capacidade dos organismos de criar novos seres a partir da incorporação. Um ser endossimbionte é um organismo que vive dentro de outro organismo, comprovando que é no mundo invisível que as vidas se enlaçam em uma só, Gaia .

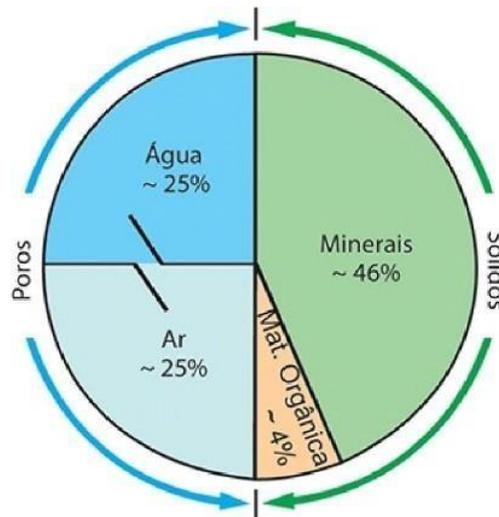
Conforme elucida Capra e Luisi (2014, p. 428-430) “nem a atmosfera acima de nós nem as rochas abaixo são vivas, mas ambas foram modeladas e transformadas consideravelmente por organismos vivos, assim como a casca e a madeira de uma árvore”. Os respectivos autores sugerem que a vida biológica pode ser considerada como um sistema de sistemas autopoieticos engrenados uns nos outros, ao qual pode-se dizer que uma função de todos os componentes em

uma teia alimentar consiste em transformar outros componentes dentro da mesma rede; portanto, a característica que define um sistema autopoietico é o fato de que se recria continuamente dentro de uma fronteira por ele próprio construída.

De acordo com Ker et al. (2012), os solos são constituídos por partículas sólidas, minerais e orgânicas, ordenadas espacialmente que formam a estrutura da matriz do solo; por poros preenchidos com água e sais, formando a solução do solo, e por gases, constituindo o ar do solo, tornando-o um corpo tridimensional formado na porção superior do regolito, por meio dos seguintes fatores: material de origem; clima; relevo e organismos que agem ao longo do tempo; varia espacialmente, é resiliente a perturbações, mas é passível de ser destruído.

Conforme define Lepsch (2016) os horizontes dos solos são constituídos por quatro componentes principais: partículas minerais, matéria orgânica (MO), água e ar. Os componentes minerais e orgânicos formam a fase sólida e suas proporções são relativamente fixas, sendo que a quantidade dos materiais orgânicos pode variar tanto entre um tipo de solo e outro, quanto entre horizontes de um mesmo perfil, e normalmente os maiores teores desses materiais são encontrados mais próximos à superfície. Diferente da composição sólida, o ar e a água ocupam o espaço poroso que pode ter grandes variações em curtos períodos de tempo. O referido autor sugere a seguinte composição para o bom crescimento das plantas (FIGURA 2):

Figura 2 Composição do horizonte superficial A de um solo em boas condições para o crescimento das plantas



Fonte: Lepsch (2016).

A matéria orgânica garante a proteção do solo da energia cinética da água da chuva, força causadora da erosão hídrica, mantém a micro, macro e meso flora e fauna do solo, contribui para a maior agregação e estabilização dos agregados, equilibra a temperatura e ajuda na retenção da umidade, condições fundamentais para a manutenção dos ecossistemas (AL

ZAHER; PERUSI, 2012).

Na literatura, assim como já se discute a segurança hídrica, energética e alimentar, para alguns autores o solo deve ser analisado e discutido sob a ótica da segurança do solo (soil security), pois passa a ter um valor igualmente considerado (MCBRATNEY, 2014).

A quantificação da capacidade de troca de cátions (CTC) no solo é extremamente importante pois a partir da seguinte equação: $CTC = [Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}] + (Al^{3+} + H^{+})$, permite prever quanto um determinado solo é capaz de reter os nutrientes. Os colóides minerais e orgânicos manifestam cargas elétricas negativas e/ou positivas, em que a diferença entre as cargas provoca a retenção de cátions ou ânions. Este fenômeno é chamado troca ou adsorção iônica, podendo ser catiônica ou aniônica. É possível afirmar que a CTC é uma das mais importantes propriedades dos minerais de argila e da matéria orgânica, sendo determinada por quatro fatores: quantidade de argila presente, quantidade de húmus, o tipo de argila e o pH (LEPSCH, 2011).

Lepsch (2011) sugere que a quantidade ideal de matéria orgânica componha 4% do solo. Demarchi, Perusi e Piroli (2011) apontam, de acordo com a literatura, que os principais agentes que dão estabilidade aos agregados do solo são: os argilominerais, os óxidos de ferro e alumínio, matéria orgânica e os microrganismos que produzem substâncias que atuam como agentes estabilizadores ou funcionam como rede envolvendo os agregados do solo, como as hifas dos fungos associadas às pequenas raízes. Diferentes formas de utilizar e cuidar do solo têm um impacto na maneira como se formam e mantêm os seus agregados. Quando ocorrem práticas como revolvimento intenso das camadas superficiais, incorporação significativa de matéria orgânica, movimentação frequente de equipamentos agrícolas e pisoteio de animais, essas atividades podem causar alterações na estrutura do solo. Essas mudanças afetam propriedades como densidade e porosidade, comprometendo a capacidade produtiva desse recurso natural. (PERUSI, 2005).

Caracterizado pela desagregação, transporte e deposição de sedimentos, quando a cobertura vegetal é ausente e as gotas de água geram impacto em uma área descoberta, causando o chamado efeito splash, as partículas são desprendidas e a erosão hídrica é desencadeada (MORENO, 2022).

A erosão hídrica consiste basicamente em uma série de transferência de energia e matéria geradas por um desequilíbrio do sistema água/solo/cobertura vegetal, as quais resultam na perda progressiva do solo (MAFRA, 1999).

Com base na funcionalidade da matéria orgânica que é um dos principais agentes na formação de estabilização dos agregados, quanto maior a agregação e a estabilidade desses,

maior a resistência à erosão hídrica (DEMARCHI; PERUSI; PIROLI, 2011).

A ação biológica é importante pois um de seus fenômenos é a quelatação, a quebra ou alteração de minerais e rochas pelos organismos que variam desde bactérias e fungos até plantas superiores e animais, sendo físicas ou químicas, provocam o intemperismo biológico. As ações físicas de natureza mecânica podem ser ativadas pelo simples fracionamento de partículas, por pequenos animais, ou pelo crescimento e penetração de raízes em fendas de solos e rochas, provocando sua ruptura. Já as ações químicas, também se dão pela respiração dos organismos que produzem CO₂, que se dissolve na água, diminuindo seu pH (KER et al., 2012).

Essas ações biológicas tornam o corpo do solo natural em si, potencializando seu desempenho no cumprimento de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em que os mais proeminentes são: ODS 2 (fome zero), ODS 6 (água limpa e saneamento), ODS 13 (ação climática) e ODS 15 (vida terrestre). Podendo se aplicar também os ODS 3 (boa saúde e bem-estar) e o ODS 7 (energia acessível e limpa). Não existe ligação direta entre os solos e os ODS, contudo, os solos contribuem para os serviços ecossistêmicos que, por sua vez, contribuem para os ODS (BOUMA, 2020 ; KEESSTRA et al., 2016).

O solo tem a capacidade de fornecer uma enorme gama de serviços ambientais para benefício da humanidade, entre eles o sequestro de carbono, que está intimamente ligado com as mudanças climáticas, serviços ecossistêmicos e a redução da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) . A redução do carbono estocado no solo tem como consequência as alterações do clima, direta ou indiretamente. A respiração do solo quantifica a quantidade de CO₂ liberado através da respiração das raízes, da liteira, da decomposição da Matéria Orgânica do Solo (MOS) e da fauna edáfica que é influenciada pelos fatores biológicos e edafoclimáticos; a respiração basal estima a quantidade de CO₂ emitido pelos microrganismos, que vem da mineralização da MOS; o coeficiente metabólico (qCO₂) indica a eficiência da biomassa microbiana e utilizar o CO disponível no solo, e o coeficiente de mineralização (qM) indica a quantidade de CO₂ liberado para a atmosfera por unidade de CO do solo, sendo um indicador adequado para mostrar o potencial que um solo tem para conservar o C (PARRON et al., 2015).

Na contramão, dados levantados e divulgados pelo Observatório do Clima (2023) através do relatório da organização World Resources Institute (WRI) revela que o Brasil segue ocupando a desastrosa posição de líder mundial no ranking de perda de florestas tropicais, com um montante de 43% da perda total de florestas no mundo em 2022, que significa a emissão de 1,2 bilhão de toneladas de CO₂ na atmosfera.

Para Pierro e Jacobi (2021) a crise deflagrada pela Covid-19 é concomitante à crise ambiental e das instituições de proteção brasileiras, que já sofriam ameaças desde 2019, início

do governo de Jair Messias Bolsonaro. O referido autor aponta através de um levantamento publicado pela revista *Biological Conservation* que, entre janeiro de 2019 e setembro de 2020, o governo federal assinou 57 atos que enfraquecem estruturas de proteção do meio ambiente no Brasil, em que 49% das alterações na legislação ambiental ocorreram durante os sete primeiros meses da pandemia de Covid-19, confirmando a concretização do projeto de “passar a boiada”, conforme declarado por Ricardo Salles, ministro do Meio Ambiente do governo Bolsonaro.

A substituição das florestas tropicais por sistemas agrícolas associados a um manejo do solo inadequado podem mineralizar a MOS mais rapidamente e emitir grandes quantidades de CO₂ para a atmosfera. Isso indica que é necessário o desenvolvimento de novos modelos de produção agrícola sustentáveis, que promovam o seqüestro de C no solo, minimizem a emissão de gases para a atmosfera e melhorem a produtividade vegetal (TRUJILLO et al., 2020).

Assim, a Agroecologia propõe uma visão integrada do sistema produtivo, de forma que engloba mais do que apenas o aspecto biofísico em que a segurança do solo é delimitada por dimensões (5 C's) que norteiam a avaliação do solo de acordo com a sua capacidade, condição, capital, conectividade e codificação (SPOSITO, 2020). Desta forma, o diálogo entre essas abordagens poderia contribuir de forma sinérgica para suas ações e auxiliar em políticas, estratégias e processos utilizados para separar e orientar a tomada de decisões sobre o uso e ocupação do solo dentro de um país, estado ou cidade, promovendo também, a governança do solo.

Nos primeiros 20 cm de superfície do solo ocorre a deposição do material seco (serapilheira). Os organismos trabalham para que haja uma decomposição desse material gerando nutrientes para as plantas. Esses nutrientes são extraídos pelas árvores do solo e retornam ao ecossistema via serapilheira, o que é denominado ciclagem de nutrientes. Além desse importante papel, a serapilheira funciona como uma manta que facilita a entrada de sementes e incorporação do banco de sementes ao solo, e como manta não deixa o solo exposto às intempéries ambientais (CASTRO; MELO; GARLET, 2022).

Para Capra e Luisi (2014) a vida biológica possui as seguintes características:

1) Interconexão e interdependência: todos os seres vivos estão interconectados e dependem uns dos outros para sobreviver, sendo compostos por redes intrincadas de interações em que cada parte influencia e são influenciadas por outras partes de um sistema. Sob este olhar, a vida é vista como um fluxo contínuo de energia, matéria e informações entre os organismos e o ambiente.

No solo, essas características da visão sistêmica da vida afloram na interdependência da macrofauna edáfica que interage com microorganismos, raízes de plantas e matéria orgânica

para desempenhar funções importantes, como a decomposição de matéria orgânica, aeração do solo e ciclagem de nutrientes;

2) É auto-organizadora: a vida biológica é organizada em sistemas complexos, que podem ser desde células individuais até ecossistemas inteiros. Esses sistemas têm estruturas hierárquicas e exibe propriedades emergentes, ou seja, características que surge das interações entre as partes e não podem ser reduzidas apenas às propriedades das partes isoladas.

No caso da macrofauna, ela atua como agente de auto-organização do solo, através de sua interação direta ou indiretamente (como predação, competição por recursos ou simbiose) com outros componentes do ecossistemas, como outras espécies, animais, plantas, raízes, microorganismos, influenciando na estrutura do solo.

3) Fluxo de energia e ciclos de matéria: os sistemas vivos são caracterizados por um fluxo constante de energia e ciclos de matéria. Essa energia flui através dos sistemas, que por sua vez é capturada e transformada pelos organismos para sustentar suas atividades. Para além do ciclos da matéria, como o ciclo do carbono, do nitrogênio e do fósforo, são fundamentais para a manutenção da vida, pois os elementos essenciais são reciclados e reutilizados pelos organismos.

No solo, a macrofauna edáfica participa ativamente da decomposição de matéria orgânica, liberando nutrientes e facilitando a ciclagem desses nutrientes no ecossistema do solo.

4) Cooperação e simbiose: os organismos muitas vezes interagem de maneira colaborativa para alcançar objetivos comuns, formando relações simbióticas que beneficiam todas as partes envolvidas. A cooperação é vista como uma estratégia evolutiva vantajosa que permite a sobrevivência e a prosperidade dos sistemas vivos.

Neste caso, a macrofauna edáfica forma relações simbióticas com outros organismos, como microorganismos e raízes de plantas. Exemplo: as minhocas ajudam a decompor a matéria orgânica, melhorando a disponibilidade de nutrientes para as plantas, enquanto as plantas fornecem alimento e habitat para as minhocas.

5) Auto-organização e adaptação: os sistemas vivos possuem a capacidade de se auto-organizar e se adaptar a mudanças nas condições ambientais, exibindo respostas dinâmicas e estímulos, ajustando-se para manter o equilíbrio e a homeostase. Esta característica implica na formação de estruturas e padrões espontâneos que emergem das interações entre as partes do sistema;

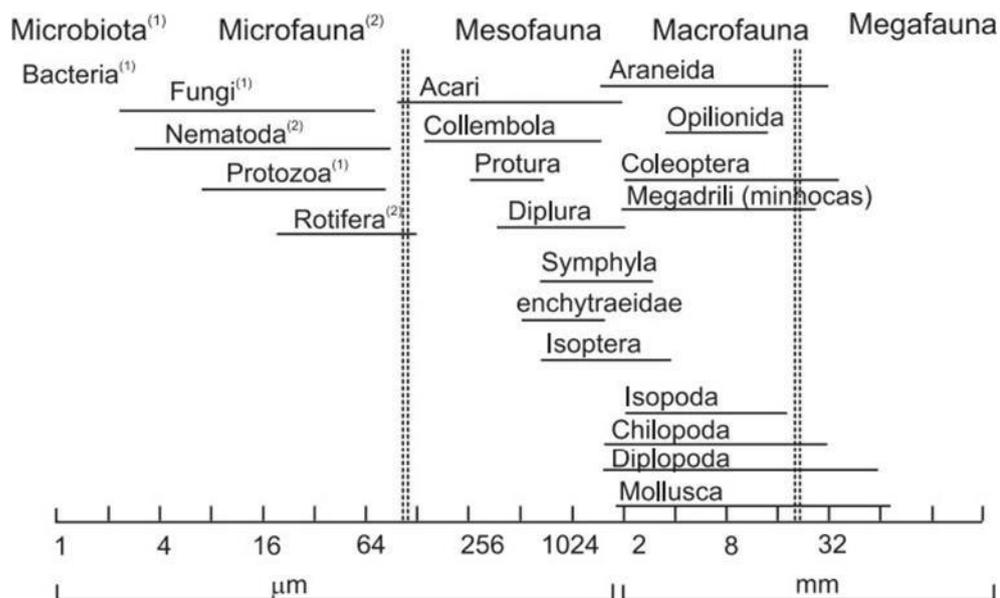
A macrofauna do solo se adapta as condições do meio, mas sobretudo, contribui para a resiliência do ecossistema, tornando-o mais resistente a distúrbios, com erosão, compactação e contaminação.

Essas características podem ser compreendidas dentro do contexto de sistemas vivos interconectados, em que os referidos autores propõe uma abordagem holística em que a vida é vista como um conjunto de redes e padrões emergentes que surgem a partir das interações complexas entre os componentes de um sistema.

3.2 Fauna edáfica e sua relação com o solo

A diversidade dos grupos de organismos que compõem o corpo do solo é compreendida como fauna edáfica, organismos que vivem permanentemente ou passam um ou mais ciclos da vida no solo, podendo ser classificados (Figura 3) como: microfauna (>100 μm), mesofauna (100 μm – 2 mm) e macrofauna (2 mm – 20 mm), em que a morfologia junto ao comportamento de cada espécie influenciarão na sua relação com o solo e no seu papel na ciclagem de nutrientes (FONSECA, 2022).

Figura 3 Classificação da fauna de solo por diâmetro corporal



Fonte: Baretta et al. (2011).

A diversidade da fauna do solo é responsável pelos serviços ecossistêmicos que são o conjunto de funções de um ecossistema e dos recursos biotecnológicos como: a pedogênese, ciclagem do nitrogênio, transformação da matéria orgânica (incorporação e trituração), promotora de processos de polinização e biotecnológicos que envolvem a biorremediação e o biocontrole, sendo possível correlacionar a qualidade do solo com a presença ou abundância dos mesmos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Os organismos de menor tamanho possuem funções mais numerosas por causa da diversidade metabólica relacionada com a variabilidade genética que as bactérias, fungos e arqueias possuem, que se deve à sua origem e evolução (GILLER, 1996).

A micro, macro e meso fauna do solo é sensível a modificações biológicas, físicas e químicas através do manejo do solo e de práticas de cultivo empregadas. Dependendo do tipo e intensidade do impacto imposto sobre esse corpo, como a retirada da cobertura vegetal, uso intensivo de maquinários e agroquímicos, remoção da fauna e flora nativa, entre outros, esses processos podem interferir sobre determinadas populações, podendo aumentar, diminuir ou não influir na diversidade de organismos edáficos (BARETTA et al., 2011).

O uso de bioindicadores do solo é de fundamental importância pois esses organismos podem prever ocorrências futuras com o meio ambiente quando os contaminantes entram em contato direto ou indireto com estes organismos através do alimento, água, inalação e até mesmo em contato direto do exoesqueleto ou pele com o contaminante (FERREIRA, 2012).

Baretta (2007) propõe o seguinte esquema de uso da macrofauna como indicadora de qualidade do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Alguns grupos de macroinvertebrados edáficos, tipo de indicação e algumas referências como indicadores de qualidade do solo.

Grupo de macroinvertebrados	Tipo de Indicação	Referências
Minhocas (Oligochaeta)	Poluição do solo (pesticidas e metais pesados); compactação; teor de matéria orgânica do solo e condições hídricas do solo.	(EDWARDS; BOHLEN, 1996; LAVELLE, 1997; CHAUVEL et al., 1999; PAOLETTI, 1999; NAHMANI; ROSSI, 2003; LAVELLE et al., 2006).
Aranhas (Arachnida: Araneae), especialmente das famílias (Hahniidae, Liocranidae, Mysmenidae, Oonopidae e Theridiidae).	Qualidade biológica de um habitat; poluição do solo por metais pesados; evolução e estabilidade de diferentes biótipos e umidade do solo.	(LARSEN; BREWER; TAYLORS, 1994; MARC; CANARD; YSNEL, 1999; HARRIS; YORK; BEATTIE, 2003).
Isópodes (Isopoda)	Poluição por metais pesados; presença de pesticidas no solo; simplificação da estrutura do habitat e perturbação mecânica do solo (estrutura do solo).	(PAOLETTI; IOVANE; CORTESE, 1988; FARKAS; HORNUNG; FISCHER, 1996; HASSALL, 1996).
Coleópteros (Coleoptera) (Carabidae, Staphylinidae)	Fertilizantes (N, P e K) e pesticidas; indicadores do impacto de cultivos; perturbação da estrutura do solo; estrutura da paisagem; indicadores de umidade e poluição por metais pesados.	(PUVIS; CURRY, 1984; STORK; EGGLETON, 1992; BAGUETTE; HANCE, 1997; BOHAC et al., 1995; WINK et al., 2005; BARETTA et al., 2006).
Diplópodes (Diplopoda)	Umidade do habitat; produtividade vegetal (biomassa) e biodisponibilidade de P_2O_5 .	(DUNXIAO, 1999).
Cupins (Isoptera)	Indicador de áreas perturbadas (hábito sedentário); sensíveis indicadores da contaminação química e da degradação ambiental (resposta à qualidade de recursos disponíveis).	(STORK; EGGLETON, 1992; PAOLETTI, 1999; BROWN JR.; FREITAS, 2000; WINK et al., 2005).
Formigas (Hymenoptera)	Sistemas de culturas mais duráveis; modificação da paisagem; exploração industrial e reabilitação do solo; qualidade e integridade do habitat; perturbações (queima) e mudanças no ambiente.	(WANG et al., 1996; PAOLETTI, 1999; LOBRY de BRUYN, 1999; ANDERSEN et al., 2002; BARETTA et al., 2003; WINK et al., 2005).

Fonte: Baretta (2007, p. 23).

3.3 Macrofauna edáfica como bioindicadora de qualidade do solo

Esses macro-organismos são conhecidos como engenheiros do ecossistema e atuam na fragmentação e distribuição dos resíduos vegetais. O grupo é composto por uma vasta diversidade de organismos que são reconhecidos por possuir o corpo superior a 2 mm, e são responsáveis pelo desenvolvimento de estruturas que permitem sua movimentação, promovendo a formação de buracos, galerias, ninhos e deposição de coprólitos e fezes, possuindo efeito na estrutura e fertilidade do solo (BARETTA et al., 2011).

Em termos de funções ecológicas, os grupos funcionais estabelecidos por Brown et al. (2001) baseado no critério trófico, são:

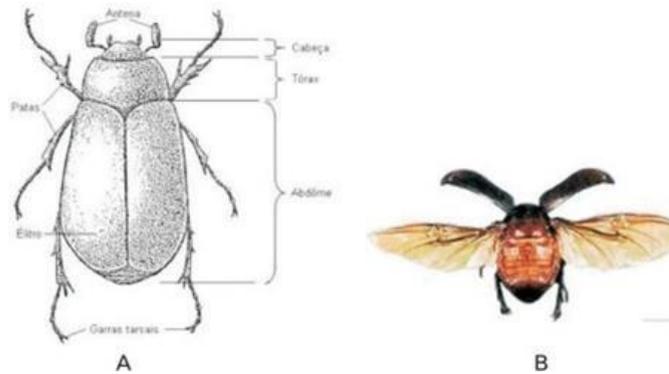
- (1) Fitófagos/Herbívoros: consomem e digerem tecidos vivos dos organismos vegetais, incluindo brocas e sugadores de seiva;
- (2) Onívoros: alimentam de matéria orgânica de origem animal e vegetal;
- (3) Detritívoros: alimentam-se de matéria orgânica em decomposição;
- (4) Geófagos: alimentam-se de terra e de húmus;
- (5) Rizófagos: consomem e digerem tecidos das raízes de plantas;
- (6) Predadores: alimentam-se de outros organismos vivos, regulando suas populações;
- (7) Parasitas: alimentam-se às custas de organismos hospedeiros;
- (8) Engenheiros do ecossistema: têm forte impacto físico sobre o solo, realizando o transporte deste, construindo estruturas e formando poros;
- (9) Transformadores de serrapilheira: fragmentam os detritos vegetais, tornando-os acessíveis aos microrganismos decompositores;
- (10) Pragas: atacam as plantações, causando prejuízos econômicos.

Os grupos mais frequentemente encontrados nos solos brasileiros e observados neste estudo são:

3.3.1 *Coleoptera*

É a maior Ordem da classe Insecta e agrupa os insetos chamados de besouros (Figura 4), sendo o maior grupo de insetos descritos. Apenas 10 % de todas as espécies de besouros conhecidas são aquáticas. Desse modo, a maioria das espécies tem grande importância para o ambiente terrestre. Os coleópteros distinguem-se das demais ordens de insetos pela presença das asas anteriores endurecidas, servindo como estojo de proteção, sendo a origem do nome da ordem, do grego, koleos = estojo; pteron = asas (AUDINO et al., 2007).

Figura 4 Besouro em flor representando a Ordem *Coleoptera*



Fonte: Audino et al (2007).

Essa ordem é extremamente diversificada em termos de hábitos alimentares, possuindo predadores, herbívoros, parasitas, necrófagos e detritívoros, ao qual muitas espécies utilizam matéria em decomposição como fonte de alimento e para construção de seus ninhos, possuindo um papel de grande relevância na manutenção do sistema ecológico através da reciclagem da matéria orgânica, e colaboram para a dispersão secundária de sementes. Os fatores que influenciam nessas comunidades são: cobertura vegetal, tipo de vegetação, fragmentação, perda de habitat, estrutura física, altitude do ecossistema, disponibilidade de alimentos, competição e atividades antrópicas (SILVA, 2022).

3.3.2 *Hymenoptera*

Entre os mais importantes da fauna do solo, são responsáveis por funções ecológicas como dispersão de sementes, estruturação física e química do solo, predação, decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, entre outras (GUIMARÃES et al., 2021).

Para Baretta (2011), dentro dessa Ordem, a família mais importante no solo é Formicidae que reúne as formigas (Figura 5) e possui uma organização em sociedade através de três posições hierárquicas, rainhas, machos e operárias. Geralmente não representa danos severos às culturas agrícolas, exceto por algumas espécies de formigas, como a saúva (*Atta*) e quenquéns (*Acromymex*).

A referida autora também elucida que os grupos dessa Ordem caracterizam-se por serem os principais predadores dos microartrópodes no solo, podendo atuar na regulação de população e no controle biológico, operando na estrutura do solo através da construção de formigueiros, galerias subterrâneas e pelo transporte de matéria orgânica da superfície para camadas mais profundas no solo, influenciando o ciclo de nutrientes disponíveis às plantas e aos microrganismos do solo, pois o hábito de construção de galerias tem grande influência na capacidade de armazenamento e distribuição da água no solo (BARETTA, 2011).

As formigas cortadeiras também percebem a pressão atmosférica através da variação de

temperatura. A partir dessa percepção, utilizam essa medida para o forrageamento, isso porque está relacionado com os perigos na atividade do forrageio, como gotas de chuva e vento. Quando a pressão atmosférica diminui, significando uma queda na temperatura, esses organismos aumentam sua intensidade de trabalho, carregando até duas vezes mais do que carregam quando a pressão barométrica esta média (MONTE, 2022).

Figura 5 Formigas cortadeiras em um trabalho noturno com baixa pressão.



Fonte: Santos (2023).

Em ambiente de mata, (OLIVEIRA, 2019) conclui em seu estudo que as formigas operárias da espécie *A. Sexdens* atuam como dispersoras secundárias de espécies arbóreas, realizando a limpeza e a realocação das sementes para trilhas de forrageamento e para os ninhos.

Além disso, ninhos de formigas podem constituir ambientes com maior disponibilidade de nutrientes, macro e micro, e também livres de fitopatógenos por causa das secreções das formigas que diminuem a carga desses agentes no solo (OLIVEIRA, 2019).

O impacto dos ataques causados pelas formigas cortadeiras varia e depende muito da área. Entretanto, para Giesel et al. (2007), a presença desses organismos é um sintoma do ambiente, pois o aumento da consequência está relacionado com a redução da biodiversidade e a homogeneização dos cultivos impostas pela monocultura. Tradicionalmente e historicamente o método utilizado com maior frequência no controle de formigas é através dos agrotóxicos.

Algumas práticas agroecológicas são utilizadas em quintais produtivos, mas ainda faltam pesquisas que agreguem significância a essas práticas alternativas para a agricultura

familiar. Em seu estudo, Silveira et al. (2020) propõe a aplicação de cinza vegetal, casca de ovo triturada e cal virgem para o controle das formigas cortadeiras. Esse método apresentou o percentual de proteção de 85,71% das plantas no campo, sendo necessária a realização de repetições de novos testes com um número maior de plantas para demonstrar a eficácia do experimento.

3.3.3 *Hemiptera*

O nome do grego *hemi* = metade e *pteron* = asas se refere às asas anteriores que são metade membranosas e metade do tipo coriácea, podendo ser terrestres, aquáticos ou semiaquáticos. Os insetos que compõem esta Ordem são conhecidos como percevejos, barbeiros, baratas d'água, cigarras, cigarrinhas, pulgões, cochonilhas e mosca-branca (CAMARGO, s.d).

Dentre esses organismos, destacam-se os percevejos, barbeiros e pulgões (Figura 6) que impactam severamente tanto em produções de monocultivos quanto em agroecossistemas. A diferença está na diversificação das espécies e no manejo, sendo possível realizar o controle biológico através do consórcio entre plantas atrativas e a de cultivo (CANEPPELE, 2023).

Figura 6 Registro fotográfico de um pulgão



Fonte: Pereira (2021).

3.3.4 *Anelídeo*

Os *anelídeos oligoquetos* são essencialmente edáficos e podem ser encontrados praticamente em qualquer ambiente. Esses invertebrados se concentram onde há maior umidade e disponibilidade de matéria orgânica e são utilizados como bioindicadores da qualidade do solo, pois têm comprovados efeitos positivos em relação à estrutura física do solo, disponibilidade de nutrientes para as raízes, crescimento das plantas e produtividade agrícola (RABELLO; BROWN, 2005).

Dentre as diversas espécies da Classe *Oligochaeta*, as minhocas (Figura 7) são animais invertebrados e pertencem ao Filo Annelida. No Brasil, existem 336 espécies de minhocas conhecidas, sendo 289 nativas que vivem no solo e são separadas em várias categorias

ecológicas. As minhocas se separam em endogeicas (espécies que nutrem-se de matéria orgânica e vivem na fração mineral do solo), anécicas (constroem galerias verticais permanentes no solo e se alimentam de matéria orgânica em estágios médios de decomposição) e epigéicas (habitam a serapilheira e consomem matéria orgânica em etapas primárias ou intermediárias de decomposição). Entretanto, também existem minhocas adaptadas a condições higrófilas, e que habitam brejos, zonas úmidas, margem de cursos d'água e sedimentos, dentre outros (BROWN; BARTZ, 2021).

As minhocas integram a macrofauna e, por suas funções desempenhadas nos ecossistemas terrestres, estão entre aquelas mais importantes do solo, pois têm um importante papel na ciclagem de nutrientes e na sua distribuição em um perfil do solo e, ainda, interferem na decomposição dos resíduos orgânicos. Seus hábitos de locomoção promovem também a formação de túneis que melhoram a distribuição de água nas diferentes camadas do solo e facilitam a movimentação de outros grupos da fauna do solo (BARETTA et al., 2011).

Figura 7 Minhoca da espécie *Glossoscolex palus* em pastagem



Fonte: Brown (2014).

3.3.5 *Isopoda*

Considerada uma das maiores Ordens de crustáceos, também concentra o maior grupo de crustáceos terrestres como tatuzinhos-de-jardim (Figura 8) e tatus-bola. São decompositores primários e sua atividade saprofágica contribui para a fragmentação da serrapilheira e incremento da colonização microbiana, que regula uma etapa fundamental do processo de decomposição. Por causa de sua capacidade de tolerar altos níveis de metais pesados, têm sido amplamente utilizados como organismo modelo para estudos de ecotoxicologia e bioacumulação, ótimos para o monitoramento ambiental. Porém não estão bem adaptados para cavar, e não possuem uma atuação relevante na estruturação do solo (CORREIA; AQUINO; MENEZES, 2008).

O consumo de serrapilheira pelos isópodes é uma ação estimuladora da comunidade microbiana do solo, promovendo um aumento da biomassa e da respiração microbianas, conseqüentemente aumento na disponibilidade de macronutrientes na superfície do solo. Entretanto, as matérias de baixa qualidade ou que estejam contaminadas com metais pesados são menos consumidas (CORREIA; AQUINO; MENEZES, 2008).

Figura 8 Padrão morfológico dos *isópodes* terrestres



Fonte: Correia; Aquino; Menezes (2008).

3.3.6 *Diptera*

Na Ordem *Diptera* (do grego *di* = duas e *pteron* = asas) estão incluídas as moscas, mosquitos, varejeiras, pernilongos, borrachudos e mutucas. São identificadas aproximadamente 153 mil espécies agrupadas em 160 famílias em todo o mundo. No Brasil, ocorrem cerca de 8,7 mil espécies, com estimativas de 60 mil. Esses organismos estão presentes na maioria dos habitats. São holometábolos e ocupam diversos nichos alimentares, podendo ser parasitas, hematófagos, predadores, além de se alimentarem de folhas, frutos, flores, néctar e outras substâncias açucaradas. Assim como todos os organismos do solo, muitos dípteros possuem importante papel ecológico, especialmente como predadores naturais de vários organismos (CARVALHO et al., 2012). As fêmeas de algumas espécies aquáticas são hematófagas, ou seja, se alimentam de sangue e podem transmitir doenças. Porém as espécies apresentam alimentação variadas, incluindo desde matéria orgânica morta até pequenos animais (BUCKUP, 2010).

Reichert (2010) afirma que são considerados o segundo grupo de polinizadores mais importante (depois da Ordem *Hymenoptera*), pois muitos dípteros visitam flores, podendo ser importantes polinizadores sob certas condições climáticas, por estarem presentes durante todo o ano. As flores polinizadas por estes insetos possuem variações de métodos de polinização, que são chamadas de síndromes da miofilia, que é polinização realizada por dípteros em flores

que atraem muitos visitantes florais pequenos, e sapromiofilia, ao qual os dípteros atraídos são os saprófilos conhecidos como varejeiras, que usam a matéria orgânica em decomposição para ovipor. Geralmente as flores com esta síndrome possuem coloração escura, entre marrom e roxa, e atraem os dípteros por produzirem compostos voláteis que imitam o odor de fezes (ALMEIDA, 2022).

Figura 9 *Diptera* da família *Tabanidae*



Fonte: Oliveira (s.d).

3.3.7 *Araneae*

A ordem *Araneae* compreende mais de 49.700 espécies catalogadas e é uma das maiores ordens dentre os aracnídeos. As aranhas (Figura 11) compõem esta ordem e ajudam a controlar diretamente as populações de presas, podendo afetar as funções do ecossistema por meio de efeitos de predadores herbívoros. Estudos referentes à relação entre a degradação do solo e grupos-chave de organismos do solo observaram que *Araneae* é fortemente afetada pela intensidade de degradação das paisagens. Portanto, um manejo mais adequado do solo em áreas de produção agrícola favorece os processos essenciais da natureza, como o controle biológico de pragas e manutenção dos fluxos de energia no solo (e a presença de indivíduos da ordem *Araneae* nas pastagens) (BRICHTA, 2023).

Portanto, em razão de exigência a determinadas características abióticas (temperatura, umidade, vento, luminosidade, entre outros) e bióticas (tipo de vegetação, disponibilidade de alimento e competidoras), as aranhas podem ser utilizadas como indicadoras de qualidade ambiental para monitorar por meio da avaliação das respostas dessas comunidades às modificações nas condições ambientais originais (ANDRADE et al., 2007).

Figura 10 Aranhas (*Arachnida, Araneae*)



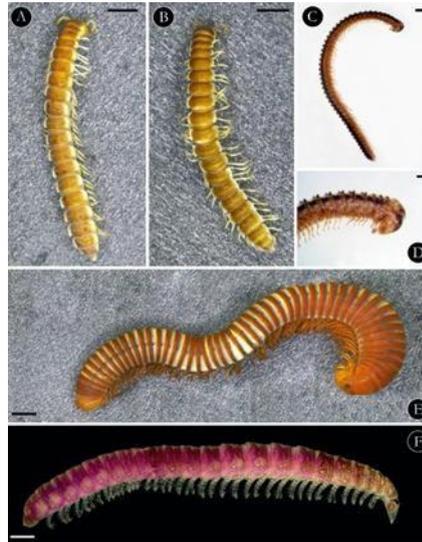
Fonte: Andrade et al. (2007).

3.3.8 *Polydesmida*

A ordem *Polydesmida*, na qual se incluem as espécies aqui estudadas, está representada por aproximadamente 5.480 espécies, 1.437 gêneros e 30 famílias descritas, sendo considerada a maior da classe Diplopoda e a maioria habita a superfície do solo e serrapilheira. Uma característica reprodutiva importante de muitas espécies dessa ordem é a construção de ninhos para a proteção dos ovos, principalmente, contra variações de umidade e de temperatura (PINHEIRO, 2013). A referida autora ainda ressalta que a maioria das espécies são detritívoras, alimentando-se de material vegetal em decomposição, provocando uma ampliação da área com fragmentação da matéria orgânica que estimula a atividade microbológica.

Em ambientes de monocultura, os piolho-de-cobra, espécie pertencente a esta ordem são consideradas pragas (BOUZAN et al., 2023), entretanto segundo Medeiros (2020) esses organismos são responsáveis pela ciclagem de nutrientes e principalmente pela liberação de nitrogênio (N) no solo e que “enriquecem a matéria orgânica do solo pelo fato da elevada capacidade de consumo de serrapilheira associada à presença de uma elevada atividade microbiana em suas fezes” (MEDEIROS, 2020, p. 31).

Figura 11 Organismos da Ordem *Diplopoda* do Brasil.



Fonte: Iniesta et al. (2021).

3.3.9 *Pulmonata*

A ordem *Pulmonata* pertence à classe *Gastropoda*, que engloba diversas espécies com potencial invasor e conseqüentemente causam impactos ambientais e socioeconômicos em muitos habitats, pois uma elevada quantidade de espécies tem sido a causa de problemas significativos na agricultura, resultando em perdas econômicas ao reduzir o rendimento e levando à rejeição das exportações, isso porque a introdução de espécies não nativas representa ameaça à integridade e ao funcionamento dos ecossistemas, sendo a segunda causa da perda de biodiversidade em todo o mundo (TRAMONTE, 2021).

Sua dieta é composta por todos os tipos de plantas. Esta espécie passa seus dias submersa ou escondida em vegetação e é mais ativa à noite. A taxa de atividade varia com a temperatura da água, entretanto, os caramujos invasores são capazes de competir quando o ambiente que está colonizando possui poucos recursos disponíveis (LEITE, 2019).

Para Gonzáles e Sánchez (2019), são importantes bioindicadores que permitem conhecer mudanças ocorridas no meio ambiente como resposta a intervenções humanas, já que por meio deles é possível entender a qualidade da água e da contaminação.

Pulmonata é a ordem que possui o maior número de caramujos (Figura 13) terrestres e é comum de ser encontrada principalmente em ambientes úmidos. As espécies desta ordem se alimentam tanto de plantas quanto de outros organismos como minhocas, outros indivíduos da mesma espécie e lesmas (OLIVEIRA, 2023).

Figura 12 Caramujo-Gigante-Africano



Fonte: Zorzenon; Campos (2009).

3.3.10 *Seriata*

Os organismos desta Ordem podem ser encontrados tanto em ambiente aquático quanto terrestre, e alimentam-se de pequenos invertebrados sendo predadores de minhocas, lesmas, aranhas, baratas, entre outros, capturando-os com o auxílio do muco presente na região ventral (BUCKUP, 2010). Neste sentido, a presença desses organismos é justificada pela alta umidade local, pois não toleram condições de seca (MACHADO, 2020). A planária, espécie que pertence a este grupo, possui habilidades regenerativas e têm sido reportadas como bons organismos bioindicadores de contaminação por agrotóxico. Em razão disso, o uso desses organismos possibilita ensaios ecotoxicológicos rápidos e de baixo custo (COTRIM, 2023).

Figura 13 Organismo planária, da ordem Seriata



Fonte: Barcia et al (2023).

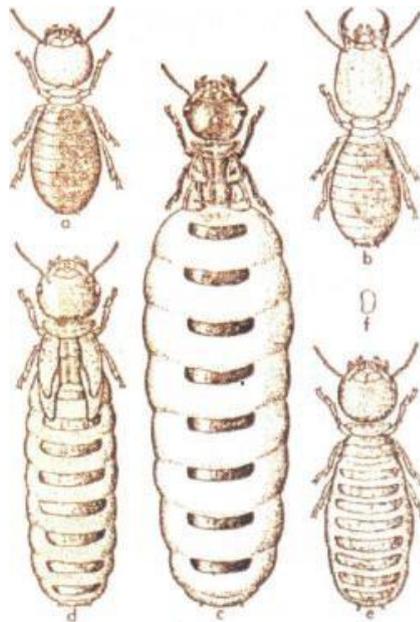
3.3.11 *Blattodea*

A notoriedade ecológica desses organismos, que são muito bem representados pelos cupins nos ecossistemas tropicais, é considerável de acordo com as alterações no aspecto visual da paisagem e pelas modificações das propriedades físicas e químicas do solo e no processo de decomposição. Além de serem fontes de nutrientes para o solo, os cupinzeiros também são utilizados como abrigo para diversos artrópodes, vertebrados, e outros grupos, existindo assim diversas interações entre cupins e organismos coabitantes que compartilham um mesmo ninho,

variando de comensalismo, inquilinismo e mutualismo (SANTOS, 2020).

Considerados como “engenheiros do solo”, os cupins são um dos insetos mais importantes no funcionamento dos ecossistemas de florestas tropicais, desempenhando um papel na decomposição, na ciclagem de nutrientes, na modificação das interfaces químicas e estruturais dos ambientes. Seus ninhos podem aumentar o teor de argila e promover o enriquecimento de matéria orgânica no solo, e suas atividades aumentam a porosidade do solo, influenciando na retenção e infiltração de água, disponibilidade de nutrientes e fertilidade do solo. Também são bons modelos para estudos de impactos ambientais, pois rapidamente apresentam respostas às alterações antrópicas, com redução da riqueza e ocorrência, alterações na composição das comunidades e desequilíbrio dos grupos tróficos (SOUZA, 2020).

Figura 14 Estágios do Cupim



Fonte: Camargo (s.d).

3.4 Parâmetros para adoção da macrofauna edáfica como bioindicadora de qualidade do solo

A homogeneidade ou heterogeneidade da composição de espécies nos ecossistemas é essencial para compreender as mudanças a partir de pressões naturais ou antrópicas (BARNES et al., 2016). Portanto, o uso de espécies indicadoras para avaliar e monitorar as alterações ambientais tem sido um método amplamente utilizado pelos pesquisadores (TIEDE et al., 2017).

Baretta et al. (2011) aponta que a fauna do solo é sensível às alterações no ambiente, tanto biológicas, físicas e químicas, como as derivadas das práticas de manejo do solo e do cultivo aplicado. Assim, dependendo do tipo e intensidade que o manejo impacta ao ambiente, essas práticas podem ter efeitos sobre determinadas populações, isto é, podem promover um

aumento, redução ou não influenciar na diversidade dos indivíduos edáficos (BARETTA et al., 2011).

É possível avaliar os impactos ambientais das ações antrópicas em sistemas ecológicos através da análise dos indivíduos presentes, que são empregados como indicadores (SILVEIRA et al., 1995). A alteração em nível de abundância, diversidade e composição do grupo de indicadores mensuram o distúrbio ambiental (BROWN, 1997).

A diversidade biológica não deve ser vista somente em relação à diversidade de organismos, mas também nas funções que realizam nos ecossistemas, pois a perda de serviços é também perda da produtividade e redução da sustentabilidade dos agrossistemas (GILER, 1997). Nesse sentido, a manutenção do equilíbrio ecológico depende da heterogeneidade de espécies, dos diversos tipos de interações e dos nichos ecológicos das espécies que estabilizam a comunidade florística e faunística (SOUZA et al., 2018).

3.5 Agricultura no Brasil e preparo do solo

3.5.1 Modelo tradicional e originário de preparo e uso do solo

Historicamente, a maior parte dos detentores desse conhecimento, os povos e comunidades tradicionais, são invisibilizados através de pressões econômicas, fundiárias, processos discriminatórios e de exclusão sociopolítica. Entende-se que boa parte dos conflitos ambientais no Brasil origina-se da invasão dos territórios dessas comunidades e do comprometimento dos recursos naturais de que elas se utilizam tradicionalmente, trazendo impactos diretos ou indiretos sobre seus modos de vida (EIDT; ULDRY, 2019).

Há cerca de 9 mil anos, o cultivo e consumo de mandioca, da espécie *Manihot esculenta*, que produz uma raiz rica em amido se propagou entre as etnias indígenas da região do Alto Rio Madeira, no atual estado de Rondônia. Este fato ocorrido foi possível através da domesticação da mandioca de espécie *Manihot esculenta* ssp. *Flabellifolia* que envolveu a seleção de variedades com menores teores de substâncias tóxicas (PEREIRA et al., 2018).

Na região Amazônica ocorrem os solos denominados de Terra Preta, em que nas diversas ramificações da literatura sobre este tema, é consenso que estes solos teriam sido formados pelos povos originários que ocupavam essa região. Esses locais considerados como sítios arqueológicos foram moradia que serviu como depósito de resíduos de origem vegetal e animal, além de uma grande quantidade de cinzas e resíduos de fogueiras, que contribuíram para a formação de solos altamente férteis, com teor elevado de MO, fósforo, cálcio, magnésio, zinco, manganês e carbono (MADARI et al., 2009). As Terras Pretas contêm altas quantidades de matéria orgânica estável estocada no solo por centenas de anos, mesmo em condições edafoclimáticas tropicais, e podem vir a ser um modelo para o desenvolvimento de sistemas de

produção agrícola sustentáveis, com potencial para reter carbono atmosférico no solo e contribuir na redução da emissão de gases do efeito estufa (TRUJILLO et al., 2020).

Registros obtidos por meio de datações de carbono em sítios antigos com cacos de cerâmica e locais de terra preta antropogênica constataam que entre os anos 800 a 1.200 d.C., os povos de língua Aruak, como os Yawalapíti, se estabeleceram na região do Alto Xingu, ao qual a ocorrência de Terra Preta sugere que uma determinada localidade tem sido usada, de maneira periódica, para a agricultura tradicional. Dessa maneira, o Sistema Agrícola Tradicional (SAT) dos Yawalapíti na região que ocupam atualmente, remete a este período (EIDT; ULDRY, 2019).

Os quilombos se constituíram como agrupamentos rurais e urbanos de famílias aparentadas e predominantemente negras, no território brasileiro, após anos utilizando-se de mão de obra escrava para a sua construção, somente em 1988, decretando o fim oficial da escravização é foi inserido na Constituição Federal o reconhecimento dos territórios quilombolas como propriedade definitiva para esses remanescentes. Porém, mesmo com garantia legal, há ainda muitas comunidades sem o devido reconhecimento e titulação de seus territórios. A prática de coivara é tida como fundamental para o Sistema Agrícola Tradicional Quilombola (SATQ). Essa técnica é versátil e foi sendo adaptada e melhorada pelas comunidades no Vale do Ribeira, pois veio como conhecimento com os negros africanos que foram escravizados e trazidos para a América. Os principais alimentos agrícolas da agrobiodiversidade catalogados que são manejados em um SATQ nessa região são 12 variedades de milho, 22 de mandioca, 23 de arroz, 21 de feijão, além de uma diversidade de cultivos com importância, mas sem levantamento sistematizado, como: cana-de-açúcar, cará, inhame e batata-doce (EIDT; ULDRY. 2019).

3.5.2 A modernização da agricultura: contexto histórico, características e consequências

Fiorini (2022) informa que a atual formação do Brasil se dá pela condição de Colônia de Portugal, em que os portugueses invadiram o território brasileiro no ano de 1500 devido às expansões marítimas do período, financiadas pelo emergente capitalismo comercial europeu que por sua vez tomará o poder territorial, escravizando diversos povos trazidos em diáspora do continente africano e populações tradicionais e originárias que já ocupavam, submetendo toda a complexidade de natureza diversa ao domínio da coroa portuguesa. Isso porque o olhar que os povos da Europa tinham sobre o território denominado pelos colonizadores de América, era somente as riquezas que aqui existiam para explorar, pois consideravam um território primitivo com nenhuma “civilidade”. Assim, para além da grande quantidade de minérios roubados, os colonizadores perceberam o grande potencial para produção de produtos agrícolas

e passaram a adotar o modelo plantation, que implicava na dizimação das culturas pré-existentes e na organização das terras para produzir mercadorias em busca de atender os interesses da metrópole portuguesa e do mercado externo europeu, caracterizando-se como modelo agroexportador (FIORINI, 2022).

Mas foi, sobretudo, a partir da década de 1960 no Regime Militar, com a política de modernização conservadora da agricultura no Brasil, que ocorreu a redefinição dos processos agroalimentares, referido por Santos (2020) como as mudanças que a sociedade experimentou com a emergência da industrialização e urbanização que se intensificava nas cidades.

Essa transição emergente passa principalmente no período militar, de latifúndio para o agronegócio, que já era considerado atrasado pela burguesia industrial e buscava um reconhecimento internacional por seus feitos. Isso porque o Estado brasileiro cria uma aliança com os latifundiários dispondo de diversas políticas oligarcas que passam por cima das comunidades tradicionais e indígenas para atender os interesses dessas cadeias agroindustriais que se elevaram a um novo patamar de acumulação através do aparato estatal, ao qual dispõe de um ordenamento territorial e políticas de degradação do meio ambiente e do trabalho (HEREDIA; PALMEIRA; LEITE, 2010).

A Revolução Verde, advinda especialmente de um momento pós-Segunda Guerra Mundial, é entendida como processo de reconfiguração do campo, que se apropriou da justificativa de resolver os problemas da fome no mundo para possibilitar a transformação da base técnica da produção no campo ao utilizar inovações tecnológicas como: modificação das sementes por meio da genética; mecanização da produção; introdução de novas tecnologias no plantio, irrigação e colheita dos alimentos; uso intensivo de fertilizantes e pesticidas na produção; especialização da produção, e, crescimento dos monocultivos para potencializar a capacidade de exploração da natureza pelo capital moderno colonial para consumo em massa, condição que permite a alteração das estruturas sociais, ambientais, políticas e culturais de uma sociedade (SANTOS, 2020).

A evocativa expressão “engenharia genética” sugere que a transferência de genes entre espécies para criar novos organismos transgênicos é um procedimento mecânico exato e bem compreendido. Essa linguagem deriva de um paradigma que concebe os organismos vivos como máquinas. Porém, como eles não o são, a realidade da engenharia genética é muito mais complexa e perigosa (CAPRA; LUISI, 2014).

A agricultura estava sustentada por uma produção particularmente dos camponeses respaldada por fortes subsídios agrícolas, na agroquímica, no sistema de estoques governamentais e, a FAO era seu órgão mundial, mas por volta da década de 1990 com o fim

da Guerra Fria, dois processos vieram juntos intercambiando-se: o neoliberalismo e a mundialização do capital, conseqüentemente, da agricultura capitalista no Brasil, que implica na pregação neoliberal contra os subsídios como uma postura clara contra a agricultura de base familiar camponesa; na redução e substituição dos estoques governamentais de alimentos através de mudanças das políticas de soberania alimentar pela de segurança alimentar neoliberal totalmente desformulada, ao qual o Estado substitui os estoques governamentais pelos estoques das empresas monopolistas mundiais, tornando o mercado o regulador único do abastecimento alimentar das populações nacionais através da Organização Mundial do Comércio (OMC), que se torna o órgão mundial de regulação comercial e de decisões entre os países (OLIVEIRA, 2016).

É através desse contexto que Oliveira (2016, p. 123) explica que “a agricultura sob o capitalismo monopolista mundializado, passou a estruturar-se sobre uma tríade: a produção de commodities; as bolsas de mercadorias e a formação das empresas monopolistas mundiais”.

Essa reestruturação generalizada do mundo está associada ao aumento súbito da mobilidade de maiores fluxos de capital por todo o globo respaldadas pela essência da atual fase da globalização que introduz conjuntos hierárquicos de normas e parâmetros que governam, controlam e exploram quaisquer práticas locais e específicas que tornam o agronegócio como referência na agricultura e viabiliza os impérios alimentares, através da vigilância; normas; procedimentos; marketing; propagandas; controle da qualidade do solo e das sementes (em especial as transgênicas), da logística, entre outros, que compõem um sistema no qual existe um conjunto de exigências sobre o produto para que o produtor possa colocar no mercado. Com isso, os produtores perdem grande parte de sua autonomia para serem um produtor integrado, dando margem para que esses impérios e as grandes corporações alimentares ressignifiquem o significado de alimentos saudáveis no mercado, ultrapassando os limites da natureza (PLOEG, 2008).

Deste modo, com o aporte do estado brasileiro é consolidada a internacionalização da economia que privilegia a economia de exportação, a promoção de empreendimentos capitalistas e o crescimento da produção de soja, que se torna um dos principais produtos de exportação nacional, com preços elevados no mercado internacional (SACCOL et al., 2018).

Segundo as tecnologias desenvolvidas para esse tipo de agricultura, pratica-se o revolvimento profundo do solo e o uso de agroquímicos, tanto adubos como defensivos e herbicidas em lugar de capina mecânica, impedindo o aparecimento de plantas nativas mantendo-o exposto às chuvas e ao aquecimento. Destroi-se o solo. Mata-se o solo (PRIMAVESI, 2016). Portanto, os monocultivos são tratados como atividades agrícolas que

têm exercido uma forte pressão sobre recursos naturais como o solo, e se caracterizam pela degradação química, física e biológica através de processos que envolvem: retirada da cobertura vegetal, compactação dos solos, contaminação, salinização e acidificação, entre outros processos que diminuem sua capacidade de produzir bens ou serviços (ALVES, 2021).

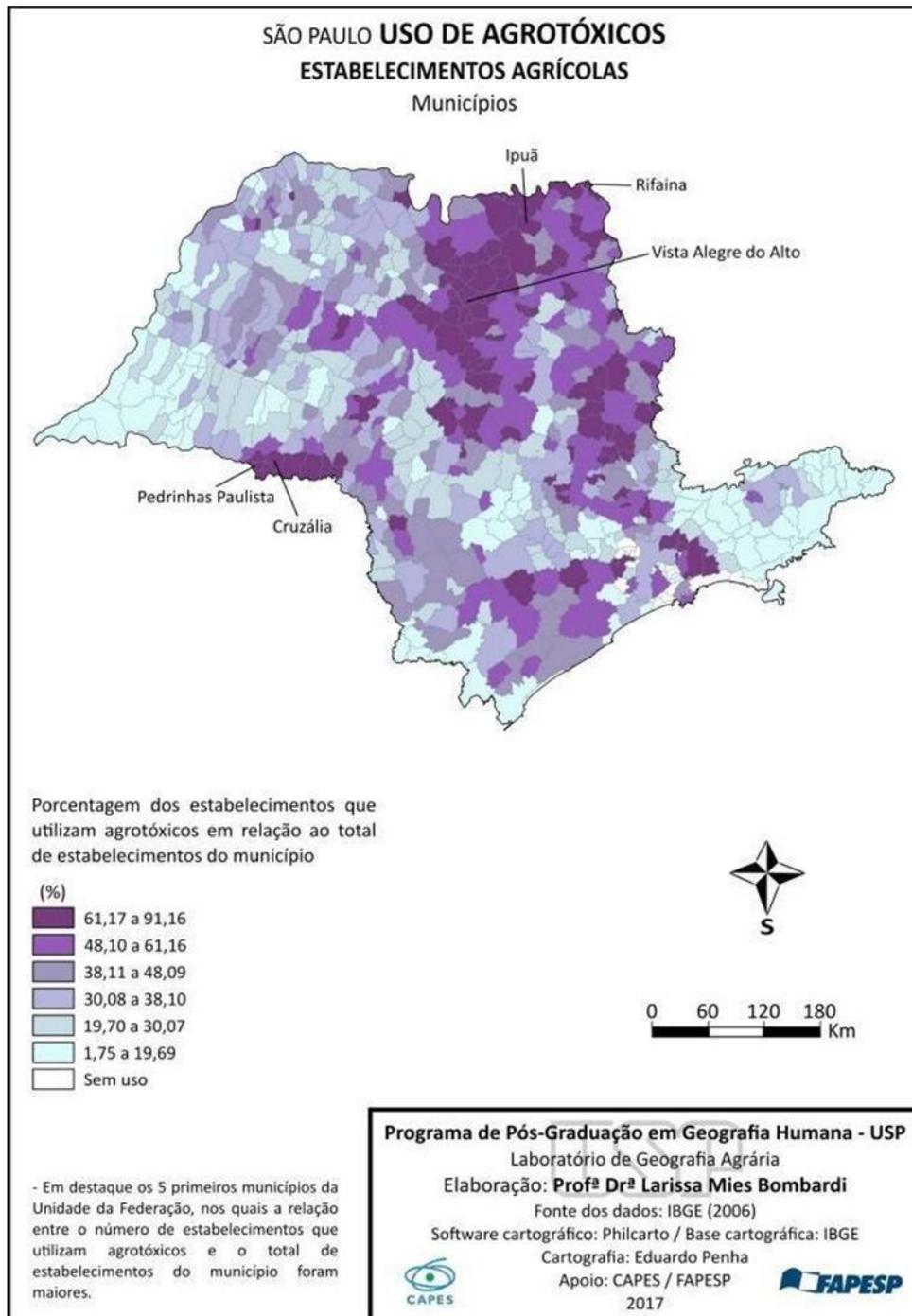
Bombardi (2022) se apropria do conceito de colonialismo molecular para definir o momento presente do capitalismo, em que a produção agrícola deixou de ser uma produção de alimentos, transformando-se em commodities e agroenergia. Vivendo uma perpetuação do colonialismo, o Brasil reprimarizou a economia e tornou-se o maior exportador mundial de soja, milho, açúcar, suco de laranja, café, carne bovina e de frango, de papel e celulose, se colocando nessa economia mundializada como exportador de minérios e produtos de origem agropecuária (BOMBARDI, 2022).

Portanto, classicamente o colonialismo molecular se impõe por meio da violência física na América Latina, mas sobretudo no contexto atual, se impõe através de uma violência química, sendo mais sórdida e cruel pois é uma violência invisível que contamina nossos corpos de geração após geração (BOMBARDI, 2022).

Os agrotóxicos são substâncias que possuem como principal finalidade de garantir a produção agrícola em condição de desequilíbrio ecológico no modelo convencional e agroexportador de possíveis ataques dos organismos conhecidos como “pragas” por esse sistema (TAVARES et al., 2020).

Segundo o mapa de uso de agrotóxicos no estado de São Paulo (Figura 16), em 2017 o município de Ourinhos estava classificado com uma média de 38% de utilização de agrotóxicos em relação ao total de estabelecimentos do município.

Figura 15 Uso de agrotóxicos no estado de São Paulo



Fonte: Bombardi (2017).

O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos, destinados em sua maioria para a produção de soja, milho e cana-de-açúcar, que consomem 72% de todo agrotóxico comercializado e tem aumentado em área plantada desenfreadamente nos últimos anos, especialmente na produção de soja. A soja, portanto, é o principal destino dos agrotóxicos vendidos no Brasil, e os registros de consumo de agrotóxicos aumentaram drasticamente após o golpe de 2016 e a destituição da presidenta Dilma Rousseff, e se acentuaram durante o

governo de Jair Messias Bolsonaro, que se estruturado no agronegócio (BOMBARDI, 2022).

Os impactos negativos do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde humana estão relacionados aos prejuízos à saúde, como doenças nos sistemas metabólicos, reprodutivo e endócrino, e aumento dos casos de câncer. Os trabalhadores rurais, com destaque para agricultores e agricultoras familiares, são o grupo de maior risco devido à sua exposição contínua e prolongada a essas substâncias químicas e tóxicas. Entretanto, toda a população pode desenvolver efeitos crônicos pela exposição cumulativa por meio da água ingerida e consumo de alimentos contaminados (DOUFENBACK, 2022).

Portanto, o uso de pesticidas que são projetados para eliminar pragas; uso de fertilizantes químicos; monocultura e perda de habitat uso excessivo de maquinários podem afetar negativamente os organismos presentes no solo, sendo possível levar à mortalidade direta da macrofauna edáfica ou afetar sua reprodução e comportamento, comprometendo a diversidade e a abundância desses organismo, resultando em consequências severas para a saúde do solo e a produtividade agrícola a longo prazo.

3.5.3 Agroecologia: resgate com base científica dos saberes tradicionais e ancestrais.

A agroecologia é uma proposição combatente que procura se contrapor à lógica da agricultura industrial e é reconhecida como uma abordagem científica capaz de fortalecer a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agricultura convencionais para modos de desenvolvimento rural e de agriculturas mais sustentáveis” (PACHECO et al., 2021). De acordo com a Política Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica (PEAPO),

Lei nº 16.684, de 19 de março de 2018, Artigo 2º e inciso IV, a transição agroecológica é um:

[...] processo gradual orientado de transformação das bases produtivas e sociais para recuperar a fertilidade e o equilíbrio ecológico do agroecossistema, em acordo com os princípios da Agroecologia, devendo priorizar o desenvolvimento de sistemas agroalimentares locais e sustentáveis, considerando os aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos (SÃO PAULO, 2018).

Em contrapartida do modelo hegemônico e degradante do solo da agricultura industrial, durante o processo de redemocratização do Brasil, na década de 1980, as discussões que abarcavam a sustentabilidade na agricultura ganharam força através das mulheres e entre os movimentos sociais (urbanos e rurais) que criticavam o padrão tecnológico do modelo vigente que se baseia na agroquímica e nas grandes produções, no qual potencializava a exclusão social, concentração de terras, precarização das relações de trabalho e êxodo rural (MOREIRA; FERREIRA; SILIPRANDI, 2018). Esses movimentos desencadearam, desde então, a implementação de políticas públicas direcionadas à agricultura familiar e camponesa, como

exemplo o nascimento do Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar (PAA) do Governo Federal em 2003 que, entre outros objetivos, busca promover sistemas produtivos orgânicos e/ou de base agroecológica (BORSATTO et al., 2019).

Borsatto et al. (2019) observam que nos últimos anos tem ocorrido um aumento na percepção, em nível internacional, de que o sistema agroalimentar hegemônico é incapaz de cumprir suas promessas de erradicar a fome no mundo, mitigar a pobreza rural e promover o desenvolvimento rural através de seu modelo baseado em monoculturas plantadas em grandes áreas, além de gerar impactos ambientais e sociais que determinam sua insustentabilidade. De outro modo, cresce o reconhecimento em relação à adoção de processos de produção de alimentos com base em princípios agroecológicos e realizados por agricultores familiares.

Portanto, a agroecologia é uma ciência que trata das interações entre agricultura e os ecossistemas, sendo também uma prática que visa à produção sustentável de alimentos vivos e saudáveis de forma justa. Segundo esta ramificação do conhecimento, a terra é considerada um sistema vivo e complexo, com diversidade de plantas, animais e microrganismos que apresentam inter-relações complexas (ALFAIA et al., 2018).

Para Primavesi (2016, p. 40):

[...] um solo saudável é agregado, grumoso, com um sistema macro poroso por onde entram e circulam ar e água, e as raízes podem penetrar, [...] sem resíduos tóxicos ou metais pesados, e tem seus nutrientes em equilíbrio, de modo que as plantas que nele crescem são saudáveis, sem pragas e doenças e que produzem produtos de elevado valor biológico.

A referida autora trabalha com o conceito de solo vivo, e afirma que não se pode ver pragas e doenças como um fator isolado que surge para dificultar a vida do agricultor, mas como consequência da destruição dos equilíbrios naturais (PRIMAVESI, 2016).

Diferente de uma conversão para a agricultura orgânica, a transição agroecológica deve ser entendida como um processo permanente multilinear, social e ecologicamente determinado, que pode ser subdividida em níveis, abarcando diferentes referenciais teóricos que estabelecem alguns princípios que enriquecem o desenvolvimento deste processo (CAPORAL, 2020). Para Silva, Gemim e Silva (2020) a produção de base ecológica não segue pacotes prontos, pois o caminho depende de cada propriedade e de produtor, do uso de insumo modernos, das condições de investimento, do mercado local, dos conhecimentos e da assistência técnica disponível. A transição agroecológica trata o ser humano como parte da biodiversidade, na qual homens e mulheres em sua singularidade na produção de alimentos constroem a agrobiodiversidade, de forma interdependente com o manejo humano e o ambiente, bem como valoriza sua importância para a soberania e segurança alimentar global.

A noção de transição agroecológica corresponde a um processo amplo e gradual de passagem de sistemas agrícolas convencionais, que utilizam pacotes químicos, para sistemas de produção de base agroecológica em um processo complexo e dinâmico, sendo necessário um rompimento mental e funcional com as ordens pré-estabelecidas pela agricultura industrial para emergir nos níveis da transição que ocorrem não somente dentro da unidade produtiva, mas também buscando estabelecer novas relações de produção e consumo alimentar (BECKER; SILVA, 2021).

Todavia, simultaneamente os sistemas agrícolas tradicionais fornecem saberes relevantes ao processo de transição com o aprimoramento de suas técnicas e práticas através do diálogo com os conhecimentos científicos (BECKER; SILVA, 2021).

Para Capra e Luisi (2014) os indivíduos e as comunidades que planejam e implementam soluções sistêmicas devem ser ecologicamente alfabetizados, para perceberem que, para criar e manter sociedades sustentáveis, é preciso honrar e respeitar a natureza, e cooperar com ela, podendo assim aprender lições valiosas com os ecossistemas da natureza através das comunidades de plantas, animais e microrganismos que têm sustentado a vida ao longo de bilhões de anos.

Portanto, por um lado o alimento é industrialmente produzido por um sistema de agricultura altamente centralizado, que consome muita energia da natureza e é baseado em combustíveis fósseis, criando riscos para a saúde dos trabalhadores agrícolas e dos consumidores, não sendo capaz de lidar com desastres climáticos que se avolumam; por outro lado, diversas técnicas agrícolas originadas de práticas tradicionais estão hoje emergindo ao redor do mundo, como o brotar da semente, para produzir alimentos saudáveis, orgânicos, cultivados de maneira descentralizada, orientada para a comunidade e eficiente no uso da energia e sustentabilidade para enfrentar as crises climáticas, conhecida como agroecologia, termo unificador que se refere tanto à base científica como à prática de uma agricultura alicerçada em princípios ecológicos (CAPRA; LUISI, 2014).

4 MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Material

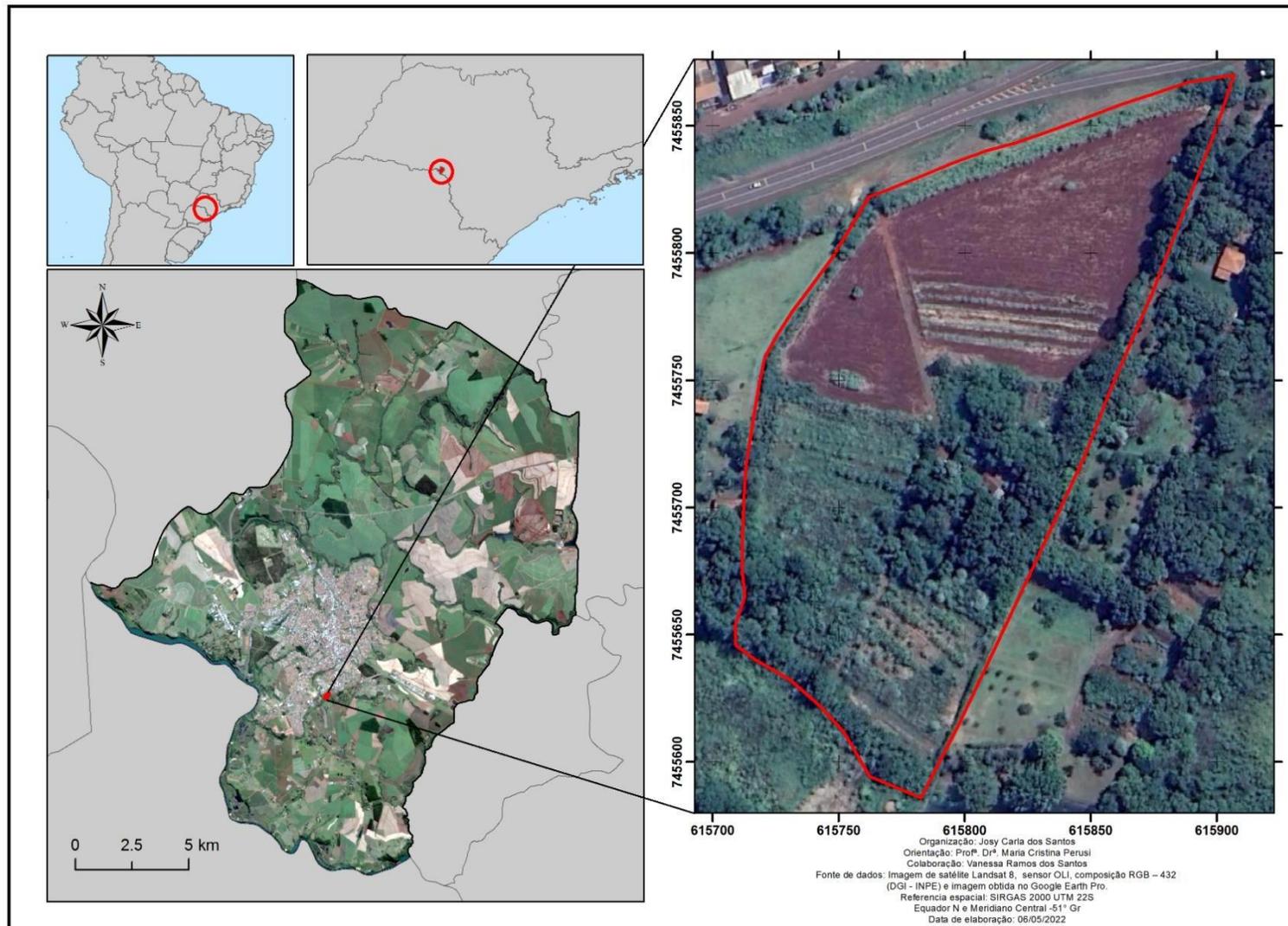
4.1.1 Características gerais do município de Ourinhos/SP e área de estudo

Essa pesquisa foi desenvolvida no estabelecimento rural “Nalva Agroecologia” (Figura 16), localizada entre as coordenadas 23° 0'7.03"S a 23° 0'14.17"S e 49°52'11.67"O a 49°52'14.37"O (EARTH, 2022), na porção sudoeste do município de Ourinhos/SP, que se encontra na extensão centro-oeste do estado de São Paulo, divisa com o Estado do Paraná.

Ourinhos possui uma população estimada de 115.139 habitantes para o ano de 2021 (IBGE, 2023) sendo que em torno de 3.172 habitantes residem na zona rural (CARVALHO, 2018).

O referido município pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI 17), com um importante sistema de drenagem como os rios Pardo, Turvo e Paranapanema. Cumpre acrescentar que a nascente do córrego Águas do Jacu, tributário do Paranapanema (LAURENTI; PIROLI, 2012) se encontra na área da pesquisa. Portanto, todas as intervenções realizadas nessa sub-bacia, como: contaminação do solo, água e ar através do uso de agrotóxicos; transporte de sedimentos por processos erosivos, impermeabilização do solo e perda da biodiversidade gera impactos na bacia do rio Paranapanema.

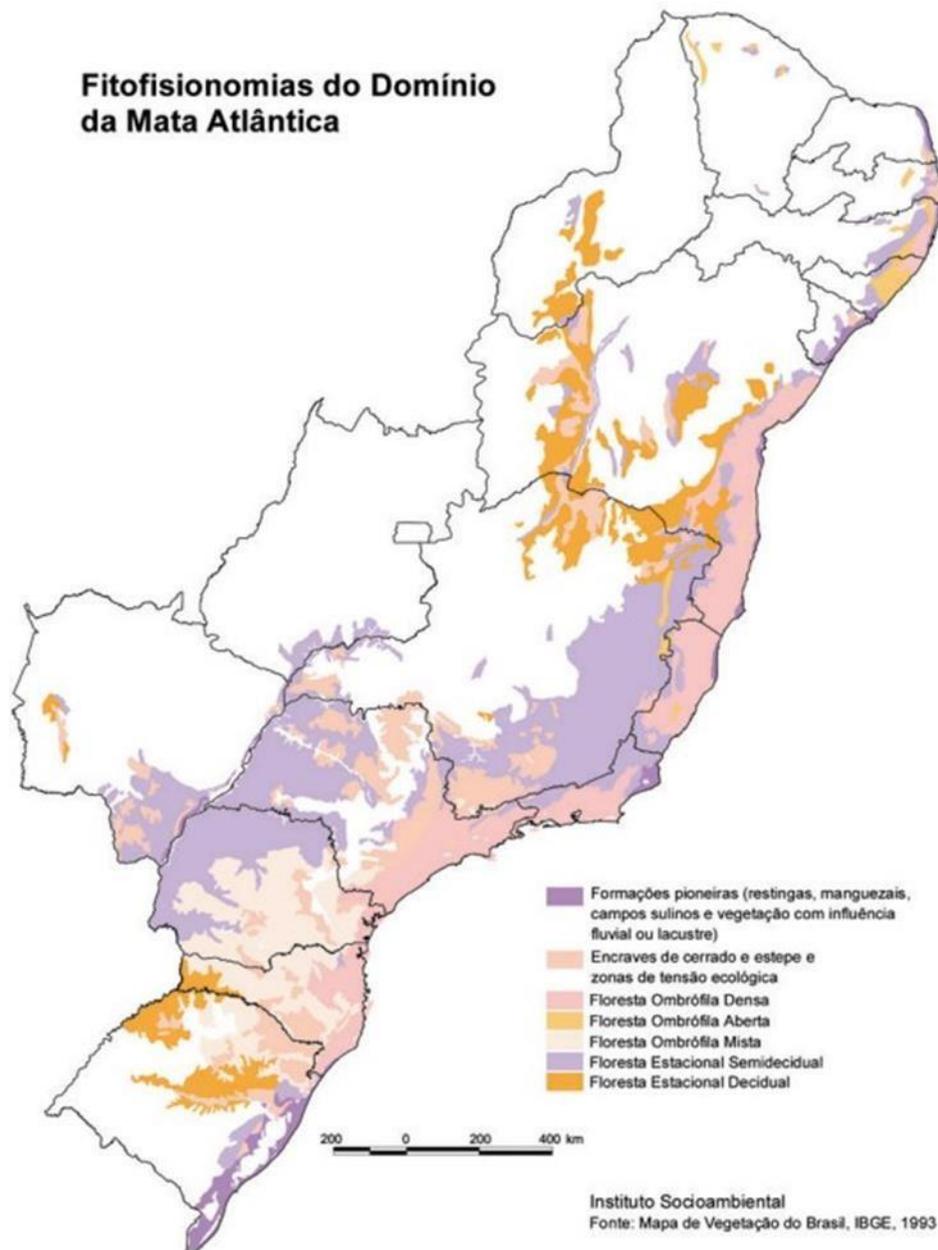
Figura 16 Localização do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”, município de Ourinhos/SP



O tipo climático referente a área de estudo é tropical chuvoso, “Am”, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. A precipitação média anual é de 1.356,8 mm e a temperatura média de 22,1°C (PERUSI, 2022)

Quanto à vegetação, originalmente a região pertence à Floresta Estacional Semidecidual, que integra o bioma da Mata Atlântica (Figura 17).

Figura 17 Fitofisionomia do domínio morfoclimático da Mata Atlântica

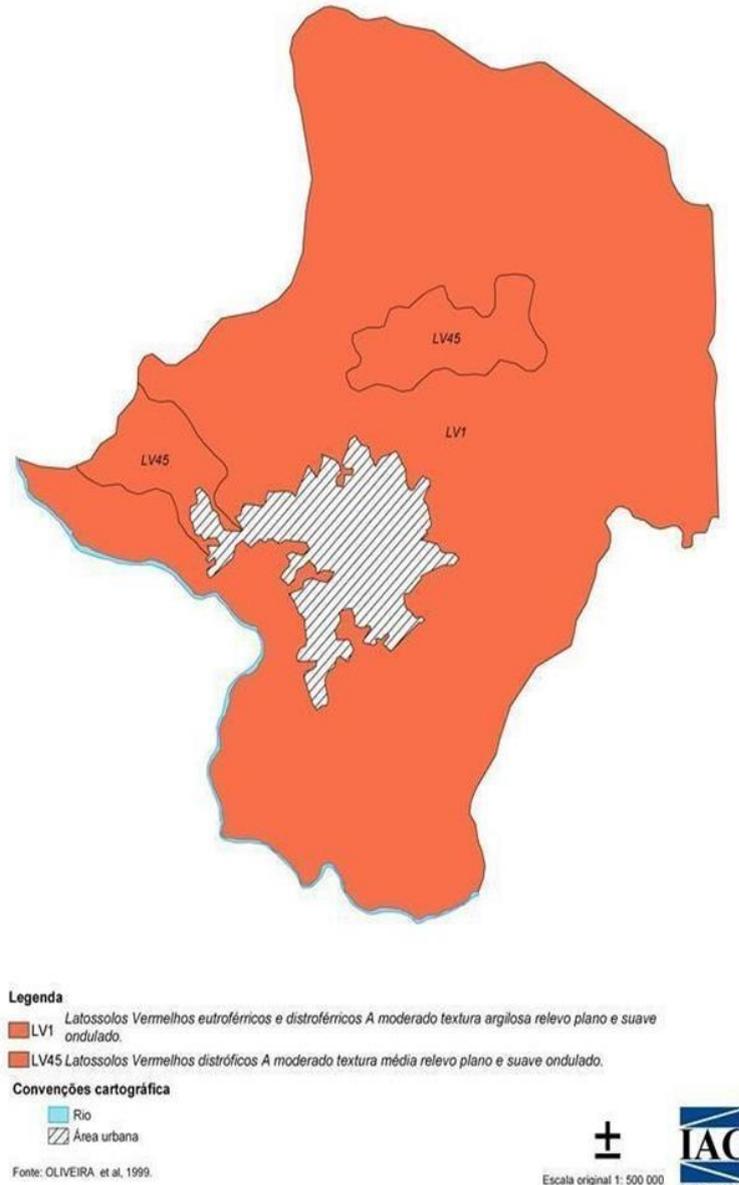


Fonte: Instituto Socioambiental (1993).

De acordo com Oliveira et al. (1999), os solos predominantes no município de Ourinhos/SP são o Latossolo Vermelho Eutroférico (Figura 18), sendo solos que possuem a saturação por bases $\geq 50\%$ e teores de Fe_2O_3 (extraídos pelo H_2SO_4) de 180 g kg^{-1} a < 360 g,

kg1 de solo, podendo ser encontrados na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA); e Distroférrico, diferentemente são solos com saturação por base < 50% e que possuem teores de Fe₂O₃ (pelo H₂SO₄) de 180g kg⁻¹ a < 360g kg⁻¹ de solo, e sua maior parte também podem ser encontrados nos primeiros 100 cm do horizonte B, incluindo o BA; apresentam horizonte A moderado, textura argilosa (SANTOS, 2018).

Figura 18 Mapa pedológico do município de Ourinhos/SP



Fonte: Oliveira et al. (1999).

Esses dados demonstram que há o predomínio de Latossolos Vermelhos euférricos na área em questão, solos profundos, bem drenados, com teores de argila acima de 35% que promovem maior estruturação, com baixa fertilidade, altos teores de ferro, e que se enquadram na classe de erodibilidade média, possuindo o valor de 0,0162 t.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹. Mas quanto menor a permeabilidade dos solos argilosos, maior a compactação, aumentando o escoamento

superficial e a suscetibilidade à erosão, o que não permite descartar a necessidade da adoção de práticas conservacionistas (PERUSI, 2022).

Os solos de Ourinhos estão em conformidade com o material de origem: litologicamente predomina o basalto, rocha magmática efusiva de textura afanítica, possuindo uma cor escura (GUERRA, 1993), com predomínio de minerais de textura muito fina, que tende a se decompor e formar solos predominantemente argilosos, originados da formação Serra Geral, Grupo São Bento, que se formaram por volta de 145 milhões de anos atrás, na Era Mesozóica.

O estabelecimento tem 2,42 hectares e há 18 anos o proprietário cede a terra para cultivo em troca de serviços de roçagem. O trabalho é familiar, composto por 2 pessoas. A matriarca (SILVA, 2022) tem 54 anos e estudou até o quarto ano do ensino fundamental. A referida agricultora relata que faz a captação da água da nascente, que não é tratada. A residência não possui energia elétrica e utiliza fogão a lenha. Mesmo nessas condições, não relata queixas relacionadas à saúde e quando surge algum problema, costuma tratar com remédios naturais a base de ervas que ela mesma cultiva. Antes de exercer a atual profissão, trabalhava no corte de cana, colhia algodão, feijão e café, e quando não tinha serviço na roça, trabalhava na cidade como faxineira ou diarista.

No ano de 2020, a família iniciou a transição agroecológica. Até então, ateavam fogo e utilizavam o herbicida químico glifosato (nome comercial comum “Roundup”), que é bastante utilizado no Brasil para controlar o mato, altamente poluente para o meio ambiente, carcinogênico e bioacumulativo (FREITAS, 2019).

A partir do Projeto “Comida de Verdade”, que estabelece uma ponte entre a agricultura familiar de Ourinhos/SP e região com a comunidade, passaram a produzir de forma agroecológica. Antes desse processo, “nunca tinha ouvido falar de agroecologia, mas sempre viveu de forma agroecológica, construindo hortas em terrenos abandonados e trocando saberes, alimentos, ferramentas, remédios e serviços” (SILVA, 2022).

Sem apoio nenhum de políticas públicas, atualmente a agricultora não possui outra fonte de renda e consegue viver somente de sua produção, não tem plano de saúde e paga o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) para um dia poder se aposentar. Silva realiza trocas, fomentando a economia solidária, alternativa essencial que possui elementos que integram os novos desafios em que permeia as diferentes áreas da sociedade, tendo como exclusividade o meio ambiente e seus arranjos de produção e consumo, alicerçados pela participação colaborativa, justa e consciente, ao ponto de valorizar as pessoas e os espaços envolvidos na dinâmica, estabelecendo uma ligação íntima entre os aspectos socioeconômicos, segurança alimentar e com a preservação ambiental como forma de deter as formas degradantes e

exploradoras da natureza (FILHO; SAGIO, 2022).

Conta com mais de 100 clientes, em sua maioria em situação de vulnerabilidade social. Costuma ensiná-los sobre “alimentação viva e saudável e troco os produtos por ferramentas, serviços, remédios naturais, mudas, composto orgânico e até mesmo verduras” (SILVA, 2022). Os principais problemas que a agricultora tem com o solo são em relação ao desequilíbrio biológico. Relata que constantemente sofre ataques de formigas (*Formicidae*), vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e caramujo (*Gastropoda*). Para controlar as formigas, utiliza a folha de mamona (*Ricinus communis*), macerando e misturando com água, coloca nos ninhos ou picota as folhas e dispõe em volta das plantas; no controle da vaquinha, se apropria de diversos saberes ancestrais. Costuma observar todos os dias suas plantas, e quando nota a presença do inseto, passa uma mistura de fumo com água e utiliza a mesma receita de mamona. Entretanto, ainda não obteve sucesso. Para controle do caramujo (*Gastropoda*), recolhe-os e coloca-os num balde com sal (Figura 19), e também faz iscas com abobrinha ralada e sal, para quando comerem, morrerem com o sal (SILVA, 2022).

Figura 19 Método de controle do Caramujo adotado pela agricultora dona Nalva.



Foto: Santos (2018).

Outro problema relatado pela agricultora são os vizinhos a montante que passam veneno com avião e trator nos cultivos de soja e milho.

Com base em Silva (2022), o estabelecimento tinha erosão. Atualmente, com o auxílio dos voluntários, passou a fazer curvas de nível com troncos de madeira e de bananeira para retenção da água. Para avaliar a qualidade do solo, observa as plantas que nascem

espontaneamente: “quando nasce plantas como caruru (*Amaranthus viridis*), rubim (*Leonurus sibiricus*) e mamona (*Ricinus communis*) a terra é muito forte, ou seja: possui muito adubo; e quando nasce o capim gordura (*Melinis minutiflora*) a terra é fraca, significa que falta adubo (SILVA, 2022).

Em relação ao preparo do solo para o cultivo, primeiro fez o gradeamento com trator da Prefeitura, produz o próprio adubo orgânico através do processo de compostagem misturando cascas de abacate, banana, manga, abóbora, mandioca, restos de comida, galhos pequenos, entre outros. A matéria orgânica ao se decompor, passa por um período de aumento da temperatura e fermentação. Após estabilizado o composto, a agricultora utiliza-o somente nos berços através do plantio direto (SILVA, 2022).

Silva (2022) informa que sua principal comercialização e produção é a Banana (*Musa*), possuindo 4 variedades: banana prata (*Musa sapientum*); banana maçã (*Musa acuminata*); banana da terra (*Musa paradisíaca*) e banana nanica (*Musa acuminata 'Dwarf Cavendish'*).

Conforme relatos de Silva (2022), antes de ocupar a área, em toda sua extensão havia o predomínio de capim Napier (*Pennisetum purpureum Schumach*); carrapicho (*Cenchrus echinatus*); margaridão (*Tithonia diversifolia*); Capim colônia (*Panicum maximum*); capim gordura (*Melinis minutiflora*) e trapoeraba (*Commelina virginica*), e que adotavam a prática do fogo para controlar o desenvolvimento dessas espécies.

4.2 Procedimentos metodológicos

4.2.1 Procedimentos de campo

Para a determinação dos bioindicadores de qualidade do solo utilizou-se a metodologia do *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) descrito por Anderson e Ingram (1993), adaptada por Aquino (2001), que compreende as seguintes etapas: 1) retirada de blocos do solo (25 x 25 cm, 0-30 cm de profundidade considerando a serrapilheira); 2) extração manual de macroinvertebrados do solo de tamanho > 2 mm; 3) conservação dos organismos em álcool volume 70; 4) contagem e identificação dos organismos, conforme representado na Figura 20 em concomitância com a ordem das etapas.

Figura 20 Procedimento de campo da metodologia TSBF.

A) Retirada dos blocos do solo, 25 x 25 cm e profundidades: serrapilheira, 0-30 cm.



Foto: Santos (2022)

B) Extração manual de macroinvertebrados do solo de tamanho > 2 mm.



Foto: Santos (2022)

C) Conservação dos organismos em fixadores químicos.



Foto: Santos (2022)

D) Análise de laboratório para quantificação e qualificação dos organismos.

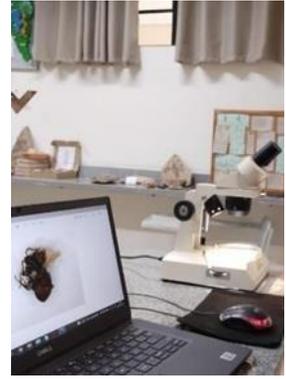
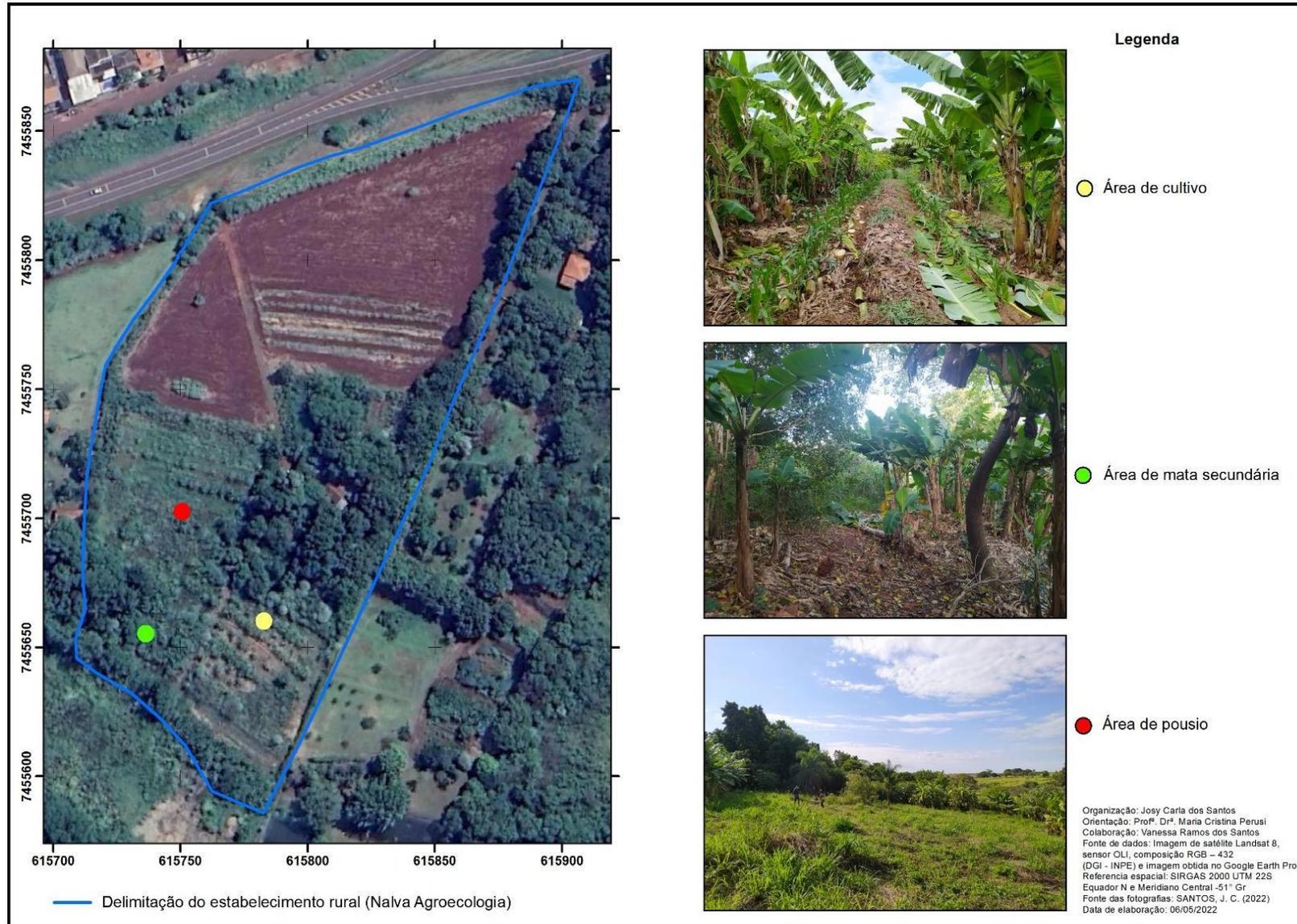


Foto: Santos (2022)

As coletas foram realizadas durante os dias 23, 29 e 30 de março, e no dia 04 de abril de 2022 em três áreas: cultivo em transição agroecológica; mata secundária e pousio (Figura 22). Segundo os dados hidrológicos do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO, 2023), o município de Ourinhos/SP teve uma média de precipitação no mês de março de 39,63 mm; no mês de abril precipitou 3,05 mm. Portanto, o período de coleta foi o de menor índice de precipitação durante o ano, portanto, se faz necessário realizar as coletas num período de estação úmida para enraizar a compreensão em relação a variação do comportamento dos referidos organismos que indicam a qualidade do solo nos dois períodos do ano.

Figura 21 Localização dos pontos de coleta na área de estudo



O período de menor índice de precipitação influencia no comportamento da macrofauna, que apresenta uma dinâmica de surgimento com picos de abundância no período chuvoso e algumas ocorrências na época de estiagem, atribuído à adaptação destes às condições de escassez hídrica (SANTOS et al., s.d), portanto, existem organismos que no período mais seco desaparecem.

Para determinação da macrofauna trabalhou-se com um total de 48 amostras; amostraram-se 4 pontos com distanciamento de 3 metros em cada área nas seguintes condições: serrapilheira e diferentes profundidades: 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Para tanto, utilizou-se um gabarito de 25 x 25 cm.

4.2.1.1 Área de mata em regeneração

De acordo com Silva (2022), não havia a atual vegetação quando passou a ocupar o terreno em 2004, mas apenas algumas árvores como bananeira (*Musa*); limoeiro (*Citrus limon*); goiabeira (*Psidium guajava*) e mamona (*Ricinus communis*). Esta área se localiza em uma das nascentes do córrego Águas do Jacu, portanto, segundo o Novo Código Florestal, Lei nº 12.727, de outubro de 2012, Art. 4º, inciso IV, é uma Área de Preservação Permanente (APP), que deveria possuir mata ciliar no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012). Esta área possui aproximadamente 1.744 m² de mata secundária em processo de regeneração (EARTH, 2022), entretanto, a partir das observações, a área ainda não está ambientalmente adequada conforme a legislação vigente, pois a área de mata ciliar ocupa menos de 50 m de seu entorno.

Atualmente as espécies que predominam são arbóreas: leucena (*Leucaena leucocephala*), bananeira (*Musa*), limoeiro (*Citrus limon*), goiabeira (*Psidium guajava*), uvaia (*Eugenia pyriformis*), pau doce (*Hovenia dulcis*), pitangueira (*Eugenia uniflora*) e abacateiro (*Persea americana*), variando somente entre os estratos médio e alto, com plantas de 2 metros a 5 metros.

Uma característica importante é que esta área de mata possui serrapilheira em abundância decorrente do manejo nas bananeiras. Contudo, a presença de entulhos de construção, plástico e demais resíduos ainda é muito marcante (Figura 22) e, de acordo com a agricultora é necessário realizar a limpeza do córrego cotidianamente por se tratar de uma área talvez da respectiva microbacia, ou seja, todos os dias o córrego é sufocado pelos resíduos descartados inadequadamente de toda microbacia e a responsável pelo estabelecimento não consegue realizar a limpeza pois é a única responsável pela produção e comercialização dos produtos cultivados (SILVA, 2022).

Figura 22 Ponto da nascente do córrego Águas do Jacu com resíduos



Foto: Souza (2023).

4.2.1.2 Área de pousio

Anterior ao processo de transição agroecológica, essa área era manejada para o cultivo de mandioca e milho. O trator da Prefeitura gradeava o solo revolvendo a cobertura vegetal e os horizontes, e em seguida era realizado o plantio. Entretanto, encontra-se em pousio (Figura 23) já há 4 anos desde o último manejo até o período das amostragens, sendo feita apenas a roçagem das forrageiras espontâneas para proteção do solo. Atualmente, as espécies que predominam são: capim napier (*Pennisetum purpureum Schumach*); carrapicho (*Cenchrus echinatus*); Capim colônia (*Panicum maximum*); capim gordura (*Melinis minutiflora*) e trapoeraba (*Commelia benghalensis*).

Figura 23 Coleta da macrofauna edáfica na área de pousio.



Foto: Ferreira (2022).

4.2.1.3 Área de transição agroecológica

Quando a agricultora iniciou sua transição agroecológica no ano de 2020 com a ajuda de dois voluntários estudantes de Geografia da FCTE – UNESP/Campus de Ourinhos, este local tinha acabado de receber a pulverização de Glifosato pelo marido, que de maneira muito comum utilizava também a prática de atear fogo na tentativa de controlar o mato. Atualmente, esta área ainda é manejada com uma das técnicas que não foi possível abdicar do modelo convencional, o arado, praticada de acordo com a disponibilidade do trator da Prefeitura. Dois anos após a última pulverização de agrotóxico na área, em 2022 foi realizada a coleta dos macroinvertebrados para analisar a qualidade do ambiente (Figura 24). Durante a coleta, percebeu-se que, diferente da área de pousio, o solo estava compactado nos 4 pontos coletados, com pouca cobertura vegetal e a presença forte das seguintes plantas espontâneas: trapoeraba (*Commelia benghalensis*); carrapicho (*Cenchrus echinatus*), capim colônia (*Panicum maximum*), picão preto (*Bidens pilosa*) e tiririca (*Cyperus haspan*).

Figura 24 Coleta da macrofauna edáfica no primeiro ponto da área de transição agroecológica



Foto: Ferreira (2022).

4.2.2 Procedimentos de laboratório

Após a coleta dos macroinvertebrados, imediatamente foram separados em recipientes com álcool e identificados por área, ponto e profundidade. Em seguida, foram levados ao Laboratório de Geologia e Pedologia “Ana Primavesi” da FCTE Unesp/Câmpus de Ourinhos. A quantificação e identificação foram feitas com as orientações de um biólogo, consulta ao livro Estudos dos Insetos, 2º edição (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2016), um micro estereoscópio binocular da marca Medilux para analisar os organismos e um microscópio digital da mesma marca para fotografar.

Para registrar a quantificação e a identificação dos organismos foi desenvolvido um

documento com a seguinte organização: área, ponto, profundidade e ordem. Para encontrar a ordem, foram analisadas as subdivisões do corpo, se possuía asas, quantidade de olhos e orifícios, se estava em fase larval ou adulta, etc.

Para tratamento dos dados coletados considerou-se riqueza de diversidade entre as ordens, em que é somado as diferentes profundidades separadamente dos 4 pontos coletados que resulta em dados brutos, e categorizado em função ecológica (Fitófagos; Onívoros; Detritívoros; Geófagos; Rizófagos; Predadores; Parasitas; Engenheiros do ecossistema; Transformadores de serrapilheira e Pragas) (BROWN et al., 2001).

Em relação a densidade dos organismos por m², multiplica-se o resultado bruto por 4, pois cada metro² cabem 4 gabaritos de 25 x 25 cm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abundância total de macrofauna edáfica encontrada nas três áreas foi de 603 organismos, distribuídos em 11 ordens taxonômicas com densidade de 2.412 da macrofauna por m², em 12 pontos amostrados: 245 indivíduos na área de Pousio, 257 na área de mata secundária em renegeração e 101 na área de transição agroecológica.

No estudo publicado por Barros et al. (2020), foram coletados 3.596 indivíduos em 11 pontos amostrados, agrupados em 21 ordens taxonômicas, de um fragmento de floresta estacional semidecidual em estágio sucessional inicial e de cultivo de milho com adubação verde. Se comparado esses dados da literatura com os dados obtidos a partir deste estudo, é possível constatar que a presença em quantidade e diversidade dos organismos das 3 áreas de estudo, ainda é baixa.

5.1 Análises quantitativas e qualitativas na área de Pousio do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”

Os dados brutos, resultado da soma dos 4 pontos que caracterizam a área de pousio totalizou 245 organismos com uma riqueza de 9 ordens (Tabela 2), e uma densidade de 980 organismos da macrofauna por m².

As predominantes são as formigas (*Hymenoptera*), 34,4 %; mosquito (*Diptera*), 22,5 %; minhocas (*Anelidae*) 17,6 %; percevejo (*Hemiptera*), 11,4 % (Figura 26). Cerca de 8,6 % da macrofauna está concentrada na serrapilheira; 21,3 % ocupam 0-10 cm de profundidade; 49,1 % estão de 10-20 cm e 20,9 % estão na camada de 20-30 cm, portanto, a maior quantidade de organismos estão na camada de 10-20 cm.

Este resultado demonstra uma concentração maior de organismos de ordem *Hymenoptera* no horizonte de 10-20, isso porque as formigas utilizam o solo como moradia (FERREIRA, 2012), como pode ser compreendido no registro de campo da Figura 25, em que

pode-se observar túneis de passagem desses organismos.

Figura 25 Torrão com túneis do trecho de um ninho de formigueiro



Foto: Santos (2022).

As minhocas estarem dentre as mais expressivas (*Anelidae*) expressa avanço na regeneração da fauna edáfica. Esses organismos estão entre os mais importantes do solo, pois têm um importante papel na ciclagem de nutrientes e na sua distribuição em um perfil do solo, pois seus hábitos de locomoção promovem a formação de túneis que melhoram a distribuição de água no solo e, ainda, interferem na decomposição dos resíduos orgânicos (BARETTA et al., 2011).

Já os organismos da ordem *Diptera*, através das síndromes da miofilia e sapromiofilia, são o segundo grupo de polinizadores mais importantes (REICHERT, 2010). É possível observar que em geral, os hábitos alimentares são variados: quando larvas, se alimentam de matéria orgânica em decomposição, restos animais, excrementos; e quando adultos, em geral, são polívoros e hematófagos (que se alimentam de sangue). Outras se alimentam de néctar das flores, suor, etc. (BARROS, 2017).

Tabela 2. Quantificação da macrofauna do solo em área de Pousio

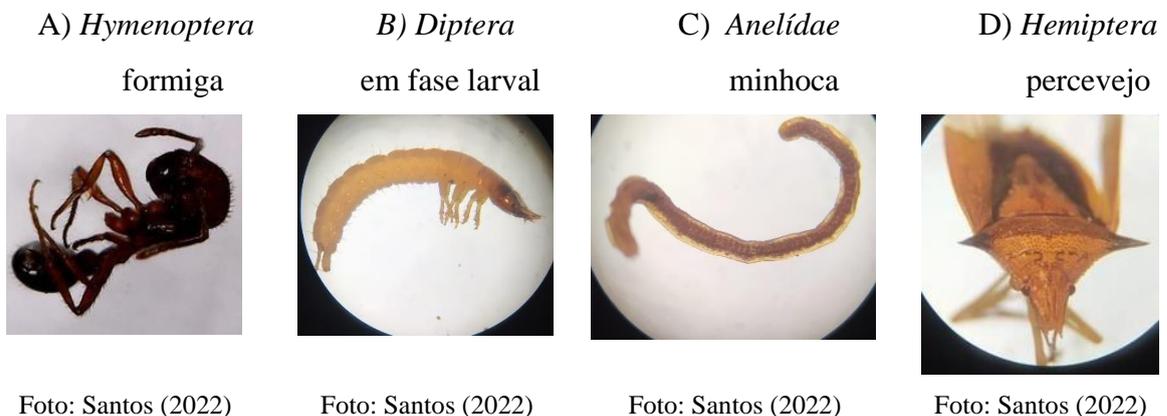
Macrofauna	Serrapilheira	Riqueza 0-10 cm	Riqueza 10-20 cm	Riqueza 20-30 cm	Total
Hymenoptera	12	9	57	7	85
Coleoptera	7	1	0	3	11
Hemiptera	2	2	9	15	28
Anelídae	0	20	16	7	43
Araneae	1	4	5	2	12
Polydesmida	0	4	0	0	4
Diptera	0	9	31	15	55
Isopoda	0	1	1	1	3
Blattodea	0	2	1	1	4
Total de indivíduos	22	52	120	51	245

Elaboração: da autora (2022).

Importante notar que o ambiente de Pousio não apresenta serrapilheira, uma vez que não há deposição de folhas e matéria orgânica significativa, o que resulta em menor incorporação de matéria orgânica ao solo, provocando redução de alimentos, o que se expressa na menor quantidade da macrofauna, se comparado com a área de mata.

Portanto, apesar da quantidade de organismos expressar a regeneração do ambiente, a concentração da macrofauna entre 10-20 cm e 20-30cm de profundidade e a análise de campo, permite concluir que as camadas superficiais (serrapilheira e 0-10 cm de profundidade) estão compactadas.

Figura 26. Organismos predominantes na área de Pousio



Elaboração: da autora (2022).

Portanto, os organismos predominantes desta área de estudo pertencem aos seguintes grupos funcionais:

- *Hymenoptera*: (1) Fitófagos; (2) Onívoros, (3) Detritívoros; (5) Rizófagos e (8) Engenheiros do ecossistema;
- *Diptera*: (3) Detritívoros; (6) Predadores; (7) Parasitas e (9) Transformadores de serrapilheira;
- *Anelidae*: (3) Detritívoros; (4) Geófagos; (8) Engenheiros do ecossistema e (9) Transformadores de serrapilheira;
- *Hemiptera*: (1) Fitófagos; (3) Detritívoros; (5) Rizófagos e (10) Pragas.

Sendo assim, o grupo funcional que predomina nesta área são os Detritívoros, organismos que alimentam-se de matéria orgânica em decomposição.

5.2 Análises quantitativas e qualitativas na área de Mata Secundária em regeneração do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”

Os dados brutos, resultado da soma dos 4 pontos que caracterizam a área de mata totalizou 257 organismos com uma riqueza de 10 ordens (Tabela 3), e uma densidade de 1.028 organismos da macrofauna por m².

As mais expressivas (Figura 26) são as minhocas (*Anelidae*), 25,6 %; formigas (*Hymenoptera*), 23,7 %; Caramujo (*Pulmonata*), 15% e aranhas (*Araneae*), 8,3 % (Figura 27). Cerca de 14,3 % estão concentrados na serapilheira; 58,1 % ocupam 0-10 cm de profundidade; 19,6 % estão de 10-20 cm e 7,9 % estão na camada de 20-30 cm, portanto, a maior quantidade de organismos estão na camada de 0-10 cm.

As minhocas da ordem *Anelidae* foram os organismos predominantes da referida área.

Esse fato demonstra que o ambiente sofre pouco com a ação de agroquímicos, pois as minhocas, como ótimas indicadoras de qualidade do solo, possuem quimiorreceptores em todo o corpo, o que lhes permite detectar a presença de vários contaminantes no ambiente (SOARES; MARIANO; PAULINO, 2020).

É possível observar que na área de Mata as famílias se encontram mais associadas às características de maior umidade e porosidade do solo, são eles: formigas, minhocas e caramujos. Isso porque esta área de estudo é a mata ciliar de uma das nascentes do córrego Águas do Jacu.

A presença dos caramujos da ordem *Pulmonata* é preocupante, pois o caramujo, assim como toda espécie invasora, possui potencial para competir com espécies nativas por recursos limitados (LEITE, 2019).

Tabela 3. Quantificação da macrofauna do solo em área de mata secundária

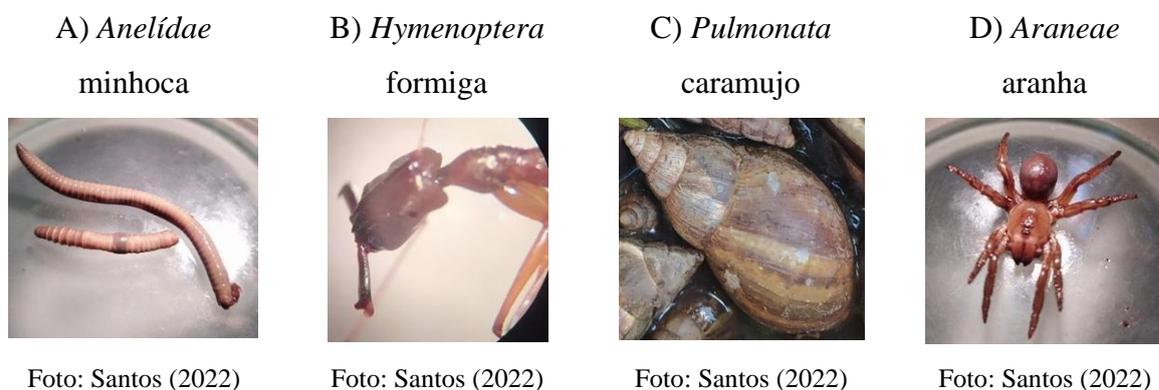
Macrofauna	Serrapilheira	Riqueza 0-10 cm	Riqueza 10-20 cm	Riqueza 20-30 cm	Total
Hymenoptera	2	43	14	4	63
Coleoptera	1	1	6	2	10
Hemiptera	1	3	2	4	10
Anelídae	4	55	7	1	67
Araneae	21	11	0	1	33
Diptera	2	1	6	5	14
Isopoda	0	11	2	0	13
Pulmonata	1	26	13	0	40
Seriata	0	1	0	0	1
Blattodea	2	0	1	3	6
Total de indivíduos	34	152	51	20	257

Elaboração: da autora (2022).

Este ambiente proporciona maior disponibilidade de alimentos para os organismos herbívoros e decompositores (material vegetal vivo e morto) possibilitando uma complexização da cadeia trófica, corroborando para que os sistemas naturais possuam maior biodiversidade no solo (BARROS et al., 2020).

Nessa área, a riqueza em diversidade de ordens dos indivíduos está concentrada no horizonte de 0-10 cm de profundidade. Isso se deve à abundância de alimento e disponibilidade de água, pois a mata consegue conservar mais a matéria orgânica no solo e reter mais umidade.

Figura 27. Organismos predominantes na área de mata secundária



Elaboração: da autora (2022).

Portanto, os organismos predominantes desta área de estudo pertencem aos seguintes grupos funcionais:

- *Anelídae*: (3) Detritívoros; (4) Geófagos; (8) Engenheiros do ecossistema e (9)

Transformadores de serrapilheira;

- *Hymenoptera*: (1) Fitófagos; (2) Onívoros, (3) Detritívoros; (5) Rizófagos e (8) Engenheiros do ecossistema;
- *Pulmonata*: (1) Fitófagos; (3) Detritívoros e (9) Transformadores de serrapilheira;
- *Aranae*: (6) Predadores.

Sendo assim, o grupo funcional que predomina nesta área são os Detritívoros, organismos que alimentam-se de matéria orgânica em decomposição.

5.3 Análises quantitativas e qualitativas na área de Transição Agroecológica do estabelecimento rural “Nalva Agroecologia”

Por fim os dados brutos, resultado da soma dos 4 pontos que caracterizam a área de transição agroecológica totalizou 101 organismos com uma riqueza de 08 ordens (Tabela 4), e uma densidade de 404 organismos da macrofauna por m².

As predominantes são formigas (*Hymenoptera*), 42, 57%; besouro (*Hemiptera*), 11,88% e vermes (*Anelídae*) 11,88% e Caracol (*Pulmonata*) 11,88% (Figura 28). Cerca de 20,79% dos organismos estão concentrados na serapilheira; 57,42% ocupam 0-10 cm de profundidade; 12,87% estão de 10-20 cm e 8,9 % estão na camada de 20-30 cm, portanto, a maior quantidade de organismos estão na camada de 0-10 cm.

A presença dos organismos pertencentes à ordem *Pulmonata* está relacionada com a umidade do local. As espécies desta Ordem se alimentam tanto de plantas quanto de outros organismos como minhocas, e indivíduos da mesma espécie e lesmas. Por causa desse comportamento, a alta quantidade desses organismos nos agroecossistemas pode ser a causa de problemas significativos para a fauna do solo e, conseqüentemente, para o cultivo.

Tabela 4. Quantificação da macrofauna do solo em área de transição agroecológica.

Macrofauna	Serrapilheira	Riqueza 0-10 cm	Riqueza 10-20 cm	Riqueza 20-30 cm	Total
Hymenoptera	6	32	5	0	43
Coleoptera	1	0	0	0	1
Hemiptera	6	3	0	3	12
Anelídae	0	7	2	3	12
Araneae	0	3	2	3	8
Polydesmida	0	1	1	0	2
Diptera	3	5	3	0	11
Pulmonata	5	7	0	0	12
Total de indivíduos	21	58	13	9	101

Fonte: Santos (2022).

Em discussão desses valores com a agricultora Maria Nalva, responsável pelo manejo da área, foi relatado que a terra não havia sido arada e nem foram utilizados agroquímicos próximo ao período de coleta. Entretanto, refletindo com a agricultora, percebemos que enquanto a área de pousio não havia sido manejada 4 anos anterior ao período de coleta, a de mata possuía apenas o manejo das bananeiras e a retirada dos resíduos, e a área em transição agroecológica teve sua última aplicação de agrotóxico 2 anos anterior a coleta, sendo necessário considerar esta variação da aplicação do agroquímico Glifosato na alteração da macrofauna edáfica.

Figura 28. Organismos predominantes na área de transição agroecológica

A) *Hymenoptera* em fase larval B) *Pulmonata* Caramujo C) *Anelídae* predominância de vermes D) *Hemiptera* Besouro



Foto: Santos (2022)



Foto: Santos (2022)



Foto: Santos (2022)



Foto: Santos (2022)

Elaboração: da autora (2022).

Portanto, os organismos predominantes desta área de estudo pertencem aos seguintes grupos funcionais:

- *Hymenoptera*: (1) Fitófagos; (2) Onívoros, (3) Detritívoros; (5) Rizófagos e (8) Engenheiros do ecossistema;
- *Pulmonata*: (1) Fitófagos; (3) Detritívoros e (9) Transformadores de serrapilheira;
- *Anelídae*: (3) Detritívoros; (4) Geófagos; (8) Engenheiros do ecossistema e (9) Transformadores de serrapilheira;
- *Hemiptera*: (1) Fitófagos; (3) Detritívoros; (5) Rizófagos e (10) Pragas.

Sendo assim, o grupo funcional que predomina nesta área são os Detritívoros, organismos que alimentam-se de matéria orgânica em decomposição.

6 CONCLUSÕES

A abundância total de macrofauna edáfica encontrada nas três áreas foi de 603 organismos, distribuídos em 11 táxons com densidade de 2.412 da macrofauna por m², em 12 pontos amostrados: 245 indivíduos na área de Pousio, 257 na área de mata secundária em regeneração e 101 na área de transição agroecológica.

A riqueza de diversidade dos organismos varia de 1 ordem para cada um dos usos (pousio; mata e transição agroecológica).

As formigas, que pertencem a Ordem *Hymenoptera: Formicidae* foi o grupo mais representativo nos sistemas estudados, seguidos por *Anelidae* e *Pulmonata*.

Todas as áreas de estudos apresentaram organismos predominantemente Detritívoros, se alimentam de matéria orgânica em decomposição; seguidos por Fitófagos, se alimentam e digerem tecidos vivos de plantas; Engenheiros do ecossistema, possui forte impacto físico sobre o solo, transportando, construindo estruturas e formando poros; e por fim Transformadores de serrapilheira, que fragmentam os detritos vegetais, tornando-os mais acessíveis pra os microrganismos decompositores.

A metodologia TSBF facilitou o processo de quantificar e identificar a macrofauna, sendo possível identificar a ordem de todos os organismos coletados, enriquecendo o estudo de modo que foi possível encontrar espécies que são mais difíceis que estarem presentes.

A macrofauna é uma boa indicadora da qualidade do solo sendo essencial para um manejo adequado e sustentável do solo de um ecossistema ou agroecossistema, bem como propõe a Agroecologia.

Todas as áreas analisadas são degradadas pois não correspondem ao seu ecossistema de origem, porém, as funções ecológicas dos organismos bioindicadores que predominaram neste estudo indicam o processo de regeneração dos três usos, pois os processos dessas referidas funções contribuem para a manutenção e a produtividade dos ecossistemas, influenciando a saúde e a qualidade do solo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi desenvolvido a partir dos princípios da agroecologia para valorizar e retomar saberes dos povos que constituem a diversidade sociocultural brasileira, que devido as consequências e heranças do violento processo de colonização no Brasil, ainda são negligenciados e apagados.

A proposta de relacionar as funções ecológicas dos bioindicadores do solo com as características da vida biológica é para tornar compreensível o contexto de sistemas vivos interconectados, sendo uma abordagem holística em que a vida é vista como um conjunto de redes e padrões emergentes que surgem a partir das interações complexas entre os componentes de um sistema.

O método TSBF viabilizou a veracidade dos dados, entretanto, para que se execute os procedimentos corretamente e não perca organismos durante os procedimentos de campo e laboratório é necessário que seja executado por um grupo de pessoas interessadas em compreender o comportamento dos organismos do solo. Por se tratar de uma metodologia de baixo custo e com procedimentos simples deve ser replicado, para que o acompanhamento no tempo e em diferentes sistemas possibilita uma maior compreensão do estado de saúde do solo.

A transição agroecológica é um processo de regeneração da vida em agroecossistemas viável para agricultores e agricultoras que visam abdicar do manejo convencional e explorador do solo.

É necessário que os próximos estudos a respeito de indicadores de qualidade do solo, detalhem os procedimentos metodológicos tanto em campo quanto em laboratório, para que os mesmos erros de um estudo não sejam reproduzidos por outros.

8 REFERÊNCIAS

- ALFAIA, S. S. et al. **Cartilha para Produtores Rurais: Princípio agroecológicos para o manejo ecológico do solo e a saúde das áreas produtivas**. Manaus. INPA. 2018. 1º ed.
- ALVES, R. E. A relação entre agricultura, degradação do solo e tempestades de areia. **Revista Ayika**. v.01, n.1. p. 50-66. Dez de 2021.
- AL ZAHER, C.; PERUSI, M. C. Preparo conservacionista do solo no contexto da agricultura familiar, estudo de caso na microbacia do Córrego Fundo, município de Ourinhos/SP. **Geociências**, São Paulo, v. 31. n. 4, p.638-649, mês. 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/7937>. Acesso em: 13 de jun. 2023.
- ANDRADE, E. B. et al. Aranhas (Arachnida; Araneae) em horta agroecológica no município de Parnaíba, Piauí, Brasil, e considerações sobre o seu papel como inimigos naturais e indicadores da qualidade ambiental. **Circular Técnica**. V.43. Embrapa. Teresina, PI. 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/69640/1/CircularTec43.pdf>. Acesso em: 13 de jun. 2023.
- ARAÚJO, M. S.; et al. Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Att spp.* Por *Canthon virens*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassiândia-MS, v. 2, n. 3, p. 8-12, jul./set. 2015.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2005. 52 p. Seropédica, RJ. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/626880>. Acesso em: 13 de jun. 2023.
- GUIMARÃES, N. F. et al. Fauna do solo associadas a diferentes sistemas de cultivo. **Research, Society and Development**, cidade, v. 10, n. 2, p. 02. fev. 2021.
- AUDINO, L. D. et al. Identificação dos coleópteros (insecta: Coleoptera) das regiões de Palmas (município de Bagé) e Santa Barbinha (município de Caçapava do Sul), RS. **Bagé: Embrapa Pecuária Sul**, Infoteca-e. 2007. 83 p.
- AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. In: SOCIEDADE BRASILEIRA EM CIÊNCIA DO SOLO. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa (MG): SBCS, 2007. v. 5. p. 1-40.
- BARCIA, D. L. et al. Phylogenetic relationships of the Geoplaninae land planarians (Platyhelminthes, Tricladida) assessed with a total evidence approach, with the description of a new species of *Gigantea*. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, cidade, v. 184, n. 107750, jul. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790323000507>. Acesso em: 13 maio 2023.
- BARETTA, D. et al. Fauna Edáfica e Qualidade do Solo. **Tópicos Ci. Solo**, v. 7. 2011.
- BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 2007. 158 f. Tese

(Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2007. 158p. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-22102007-094221/pt-br.php>. Acesso em: 22 de jun. 2023.

BARNES, A. D. et al. Species richness and biomass explain spatial turnover in ecosystem functioning across tropical and temperate ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 371. 2016.

BARROS, C. E. **Indicadores de qualidade do solo de parte dos lotes do Assentamento Rural Companheiro Keno, Jacarezinho/Pr: uma síntese inacabada**. 2107. 147 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Campus Experimental de Ourinhos, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/156328>. Acesso em: 22 de jun. 2023.

BARROS, C. E.; et al. Funções ecológicas da macrofauna edáfica em diferentes usos do solo no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar - Araras/SP. **Cadernos de Agroecologia**, Araras/SP, v. 15, n. 2, p. 5, set. 2020.

BECKER, C.; SILVA, S. R. Revisitando os conceitos de Transição Agroecológica e Sistemas Agroalimentares Sustentáveis. **Agroecologia Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável**, v. 1, p. 274-285, 2021.

BOMBARDI, L. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2017. 296 p.

BOMBARDI, L. et al. **Envenenamento molecular : De la démocratie au Brésil - Violence et politique**. 2022. Disponível em: <https://hal.campus-aar.fr/hal-03933974>. Acesso em: 15 maio 2023.

BORSATTO, R. S. et al. Desafios dos mercados institucionais para promover a transição agroecológica. **Raízes: Revista De Ciências Sociais E Econômicas**, v.39. 2019.

BOUMA, J. Soil Security as a roadmap focusing soil contributions on sustainable development agendas. **Soil Security**. v. 1. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667006220300010#bib0003>. Acesso em: 11 de mai. 2023.

BOUZAN, R. S. et al. First records of millipedes (Myriapoda, Diplopoda) associated to cultivation of Canola Brassica spp. (Brassicaceae) in Brazil. **Scientific Electronic Archives**, v. 16. n. 2. 2023. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1665>. Acesso em: 11 maio 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm. Acesso em: 14 de mai. 2023.

BRICHTA, J. P. R. **Diversidade de Aranhas (Ordem: Araneae) edáficas encontradas em diferentes usos e manejo do solo no Cerrado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2023. Disponível

em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/37009>. Acesso em: 16 de jun. 2023.

BROWN, G. G.; BARTZ, M. Oligochaeta. In: CÄSAR, C.; OLIVEIRA, L. de C.; CÂMARA, T. (Org.). **Plano de ação para conservação da biodiversidade terrestre do Rio Doce**. Belo Horizonte/MG: Bicho do Mato - Instituto de Pesquisa; Fundação Renova, 2021. p.inicial-final. BUCKUP, B. G. Biodiversidade dos campos de Cima da Serra. Libretos, 2º ed. Porto Alegre. 2010.

BROWN, G.G.; et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B. de; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015. p.121-154.

BROWN, G. G.; et al. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana**, número especial 1, p. 79-110, 2001.

CAMARGO, A. J. A. **Ordem Blattaria**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/blattaria>. Acesso em: 11 de mai. 2023.

CAMARGO, A. J. A. **Ordem hemiptera**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/hemiptera>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CANEPPELE, P. A. Consórcio de brócolis com funcho visando o controle biológico de pulgão. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agroecologia), Universidade Federal São Carlos. Araras/SP. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/17932>. Acesso em: 16 de jun. 2023.

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

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

CARVALHO, C. R. Planejamento territorial urbano de ourinhos (SP): uma possível perspectiva interpretativa. In: FURINI, L. A.; MOURÃO, P. F. C. Conjuntura Ourinhos 2018. **Cultura Acadêmica Editora**. São Paulo. 2018.

CAPORAL, F. R. **Transição Agroecológica e o Papel da Extensão Rural**. Extensão Rural, DEAER. UFSM. Santa Maria. v.27. 2020.

CAPRA, F.; LUISI, P. L. **A visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas**. Cultrix. tradução Mayra Teruya Eichemberg, Newton Roberval Eichemberg. São Paulo. 2014.

CASTRO, D. B.; MELO, R. S.; GARLET, J. Fauna edáfica e serrapilheira associadas a dois fragmentos florestais na Amazônia Meridional. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12. 2022.

CIIAGRO. Centro de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/ema/index.php?id=162>. Acesso em 01 de jul. 2023.

CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; MENEZES, E. L. A. Aspectos Ecológicos dos Isopoda

Terrestres. **Embrapa Agrobiologia**. Seropédica-RJ. 2008.

COTRIM, A. S.; et al. Potencial de nanopartículas de óxido de zinco na fitorremediação de atrazina e de uso de planárias como ferramenta de biomonitoramento. In: CASTRO, C. F. S.; FARNESE, F. S.; MARCIONILIO, S. M. L. O. **Desenvolvimento agroquímico e sustentabilidade ambiental**. Editora IF Goiano. Goianésia, GO. 2023. (p. 34) - (p.53).

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Banco de Dados Hidrológicos**. São Paulo. D6-004. s.d.

DAUFENBACK, V.; et al. Agrotóxicos, desfechos em saúde e agroecologia no Brasil: uma revisão de escopo. **Saúde em Debate**, v. 46, n. spe2, p. 482–500, 2022.

DEMARCHI, J. C.; PERUSI, M. C. PIROLI, E. L. Análise de estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo - SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 4. n. 2. 2011.

EARTH, Google. **Website**. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em: 18 de mar. 2022.

EIDT, J. S.; ULDRY, C. Sistemas Agrícolas Tradicionais no Brasil. **Coleção Povos e Comunidades Tradicionais**. v. 3. 351 p. Brasília (DF), Embrapa, 2019.

PEREIRA FILHO, I. S.; SAGIO, S. A. Economia solidária e agroecologia: perspectivas sobre uma agricultura ambientalmente sustentável, economicamente eficiente e socialmente justa. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 4. 2022.

FONSECA, T. F. **Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em diferentes tipos de cobertura do solo no município de Rio Bonito-RJ**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2022.

FREITAS, M. J. A. **Toxicidade aguda no herbicida glifosato (Roundup®) para Valdivia serrata (Crustacea, Decapoda)**. UFRA / Campus Capitão Poço. 2019. Disponível em: bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1592. Acesso em: 03 ago. 2022.

FIORINI, V. A questão agrária no Brasil da invasão ao século XXI uma história de espoliação. **Revista Resistência Litoral**, v. 1. n. 1. 2021.

FUNAI. **DICIONÁRIO DE TUPI-GUARANI**. Disponível em: <http://biblioteca.funai.gov.br/media/pdf/Folheto43/FO-CX-43-2739-2000.pdf>. Acesso em: 16 de jan. 2023.

GIESEL, A.; BOFF, M. I. C.; BOFF, P. Estudo comportamental da formiga cortadeira *Acromyrmex* spp. submetida a preparados homeopáticos. **Rev. Bras. de Agroecologia**. v.2, n.2. 2007.

GILLER, P. S. The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 5, 1996.

GILLER, K. E. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2. ed. **Wallingford, UK: CABI**

International. 1997.

GONZÁLEZ, M.; SÁNCHEZ, L. ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE CARACOLES (Mollusca: Gastropoda) DE PIÑA, COSTA ABAJO, PROVINCIA DE COLÓN. **Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios**, v. 6, n. 2. 2019. Disponível em: https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1014. Acesso em: 13 de mai. 2023.

GUIMARÃES, N. F. et al. Fauna do solo associadas a diferentes sistemas de cultivo. **Research, Society and Development**. v. 10. p. 1-16. 2021.

HEREDIA, B.; PALMEIRA, M.; LEITE, S. P. Sociedade e economia do "agronegócio" no Brasil. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 25, p. 159-176, 2010.

HOFFMANN, R. B.; et al. Efeito do uso do solo sobre a macrofauna edáfica. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. Curitiba, v. 1 , n. 1, p. 125-133, jul./set. 2018. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/736/626>. Acesso em: 29 abr. 2022.

Iniesta, L. F. M. et al. A preliminary survey and range extension of millipedes species introduced in Brazil (Myriapoda, Diplopoda). **Papéis Avulsos De Zoologia**, v. 61. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/paz/a/hFkVKv6B9DNKWMxbrC6fnWf/#>. Acesso em: 14 de mai. 2023.

KER, J. C.; et al. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, MG. SBCS. 2012.

KEESSTRA, S. D. et al. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. **SOIL**, v. 2, 111–128. 2016. Disponível em: <https://soil.copernicus.org/articles/2/111/2016/soil-2-111-2016.html>. Acesso em: 11 de mai 2023.

LADEIRA, F. S. B.. Solos do passado: origem e identificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1773–1786, nov. 2010.

LAURENTI, A.; PIROLI, E. Aplicação do sensoriamento remoto e geoprocessamento para caracterização do uso e ocupação da terra em áreas de preservação permanente de nascentes, córregos e reservatórios na área urbana de Ourinhos nos anos de 1972 e 2006 – SP. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 2, n.12, p. 56-90, julho a dezembro. 2012. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/2406>. Acesso em: 18 mar. 2022.

LEITE, M. M. B. **Bioindicadores de ambientes aquáticos contaminados pelo inseticida clorpirifós**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia. Ilha Solteira. 2019.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2016.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2011.

MACHADO, J. S. **Fauna do solo e decomposição da serrapilheira em fragmentos de floresta alto-montana**. Tese (Doutora em Ciência do Solo), Universidade do Estado de Santa Catarina. 2020.

- MADARI, B. E.; et al. **Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo.** p. 172-188. Embrapa. Manaus. 2009.
- MAFRA, N. M. C. (1999) Erosão e Planificação do uso do solo. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S; BOTELHO, R.G.M.(org) Erosão e Conservação dos solos – Conceitos, Temas e Aplicações. **Editora Bertrand Brasil**, Rio de Janeiro, 301-320.
- MANUELA, M. **Onilé a Primeira Divindade da Terra.** 2008. Disponível em: <https://ocandoble.com/2008/09/05/onile/>. Acesso em: 16 jan. 2023.
- MARGULIS, L. **Planeta simbiótico: Un nuevo punto de vista sobre la evolución.** Tradução: Victoria Laporta Gonzalo. Madrid. Editorial Debate, S. A. 2002.
- MCBRATNEY, A., FIELD, D. J.; KOCH, A. 2014. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 213, p. 203-213. 2014.
- MEDEIROS, R. L. S. **Diplopodas: ação no carbono e na água do solo em uma biotopossequência no semiárido da Paraíba.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Agrônomo), Universidade Federal da Paraíba, Campus II. Areia. 2020.
- MELO, F. V.; et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, jan.-abr. 2009.
- MONTE, F. D. M. **FORAGEAMENTO DE ATTA OPACICEPS BORGMEIER, 1939 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO LESTE DE POTIGUAR.** Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias. Macaíba-RN, 2022.
- MOREIRA, S. L. S. FERREIRA, A. P. SILIPRANDI, E. Memórias das mulheres na agroecologia do Brasil. In: SÁNCHEZ, G. P. Z. VARGAS, G. C. SILIPRANDI, E. Org(s). **Agroecología em femenino: Reflexiones a partir de nuestras experiencias.** Socla. 2018. p. 61.
- MORENO, M. S. **Classificação de Antropossolos e recuperação de áreas degradadas por erosão acelerada no contexto do Antropoceno na Área de Proteção Ambiental do Timburi, município de Presidente Prudente/SP.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Bacharel em Geografia). Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação/UNESP. Ourinhos. 2022.
- OLIVEIRA, A. U. A Mundialização da Agricultura Brasileira. São Paulo. **Iandé Editorial**, 2016. 545p.
- OLIVEIRA, B. V. P. Caracóis e o que fazem. **CPAH Scientific Journal of Health**, vol. 6, ed.1. Rio de Janeiro. 2023.
- OLIVEIRA, C. **Dispersão de sementes arbóreas pela formiga cortadeira Atta Sexdens (L.) em cerrado na região sul do Tocantins.** 2019. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Estadual do Tocantins. Gurupi – TO. 2019. Disponível em: <http://umbu.uft.edu.br/handle/11612/1281>. Acesso em: 29 de jun. 2023.
- OLIVEIRA, J.B. et al. **Mapa pedológico do município de Ourinhos/SP.** 1.5500.000. Campinas: IAC. 1 CD-ROM. 1999.

SPOSITO, E. C.; OLIVEIRA, T. S. Segurança do solo e Agroecologia: Mutualismo e Sinergia. **Cadernos de Agroecologia**. Edição Especial: V Simpósio Mineiro de Ciência do Solo: Agroecologia e a Compreensão do Solo como Fonte e Base para a Vida. Vol. 15, Nº 1. 2020. PACHECO, C. S. G. R. Et al. Fundamentos teórico-conceituais da transição agroecológica a partir de uma revisão integrativa. In: PACHECO, C. S. G. R. Et al. Org. **Ambiente e sociedade: concepções, fundamentos, diálogos e práticas para conservação da natureza**. Guarujá, SP. 2021. P. 289-309.

PEREIRA, A. A. et al. Patterns of nuclear and chloroplast genetic diversity and structure of manioc along major Brazilian Amazonian rivers. **Annals of Botany**. V. 121. 2018. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/121/4/625/4791086>. Acesso em: 13 de mar. 2023.

PEREIRA, P. Schizaphis graminum. In: SALVATORI, J. R. Pulgões. **Embrapa**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/trigo/producao/insetos/pulgoes>. Acesso em: 17 de mai. 2023.

PERES, I. K.; SORRENTINO, M. Educar para a regeneração de Gaia. **Ambiente & Educação**. V. 26, n. 2. 2022. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/12846>. Acesso em: 22 de dez. 2022. PERUSI, M. C; et al. Determinação do Potencial Natural de Erosão (PNE) e degradação do solo associada a rodovias no município de Ourinhos/SP. **Revista Formação (Online)**, v. 54, n. 29, p. 357-386, 2022.

PERUSI, M.C. **Discriminação de Argissolos e avaliação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo**. Tese (Doutorado Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2005.

PIERRO, B.; JACOBI, P.; Crise Ambiental e Pandemia: Descaminhos no Brasil e Rumos para uma Nova Governança. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**. 2021, v.10, n.2.

PINHEIRO, T. G. **Ciclo ovogenético e estudo morfológico comparativo do sistema reprodutivo de espécies da Ordem Polydesmida (Diplopoda)**. Tese de Doutorado (Doutor em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Rio Claro. Rio Claro. 2013.

PLOEG, J. D. V. D. Camponeses e impérios alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização. Tradução: Rita Pereira. Porto Alegre. **Editora da UFRGS**. 2008.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico de pragas e doenças**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016. 76 p.

PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2. Ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016. 205 p.

RABELLO, L. M.; BROWN, G.G. Sistema Eletrônico para Extração de Minhocas Através de Corrente Elétrica. Embrapa. **Circular Técnica 31**. São Carlos/SP. 2005.

REICHERT, L. M. M. **A importância dos dípteros como visitantes florais: uma revisão de literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Pelotas / Campus de Pelotas. 2010.

RUBENS. **Olhar geográfico: escala de tempo geológica**. 2011. Disponível em: <http://professorrubens.blogspot.com/2011/02/escala-geologica-do-tempo-convertida.html>. Acesso em: 11 de mai. 2023.

SACCOL, P. et al. O processo de modernização na agricultura familiar. **Semana Acadêmica Revista Científica**. Ceará, v. 1, p. 1-15, 2018.

SANTOS, A. S. A modernização da agricultura no Brasil: transições agrícolas e autogestão. **Revista Desafios**. Porto Alegre, RS. V.3. N.3. 209-229p. Dez, 2020.

SANTOS, G. R.; et al. Influência da precipitação sob a dinâmica dos organismos da macrofauna do solo, na caatinga alagoana. **Editora Realize**. II Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro. s.d.

SANTOS, H. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018, 356 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>. Acesso em: 05 nov. 2021. Acesso em: 01 de ago. 2022.

SANTOS, W. F. C. et al. Engenheiros do solo e fauna associada a ninhos de *Nasutitermes corniger* (Blattodea: Isoptera: Termitidae) em São Cristóvão, Sergipe. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

SÃO PAULO. **Lei nº 16.684, de 19 de março de 2018**. Institui a Política Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica – PEAPO. São Paulo. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. [2018]. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2018/lei-16684-19.03.2018.html>. Acesso em: 25 de set. 2022.

SILVA, K. M. A. **Resposta ecológica de besouros scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) a diferentes usos do solo na Amazônia oriental**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão. São Luís - MA. 2022.

SILVA, R. O.; GEMIM, B. S.; SILVA, J. C. B. V. Transição agroecológica no rural brasileiro: a complexidade de quatro experiências práticas. **Geo Pantanal**. v. 15. n. 28. 2020.

SILVEIRA, M. V. S. et al. Práticas agroecológicas: controle alternativo aplicado a formigas cortadeiras no Assentamento 24 de Abril, em Acarape-CE. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

SILVEIRA, P. H. N. **Macrofauna edáfica como bioindicadora do solo com diferentes tipos de uso, campo mourão, paraná**. Projeto de pesquisa (Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2019.

SILVEIRA, S. N. et al. Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. *Science agricultural*, v.52, n.1. 1995.

SOARES, K. W. P.; MARIANO, W. dos S.; PAULINO, M. G. Avoidance test with earthworms (*Eisenia andrei*) in natural soil treated with a *Bacillus thuringiensis*-based biopesticide to soil quality evaluation. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 8, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5774>. Acesso em: 10 de mai. 2023.

SOUZA, M. P. S.. **Assembleias de cupins (Blattodea: Isoptera) em diferentes coberturas do solo no semiárido nordestino**. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação), Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró/RN. 2020.

SOUZA, M. S. et al. Serviços ecológicos de insetos e outros artrópodes em sistemas

agroflorestais. **Revista EDUCAmazônia**, v. 20, n. 1. 2018.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford, Blackwell, 1979.

TAVARES, D. C. G. et al. Utilização de agrotóxicos no Brasil e sua correlação com com intoxicação. **Sistemas & Gestão**, v. 15, n. 1. 2020. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1532>. Acesso em: 15 de mai. 2023.

TEIXEIRA, W. **Tempo geológico: a história da Terra e da vida**. Ebook. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5415861/mod_resource/content/1/Geologia, 2014. Acesso em: 14 de jan. 2023.

TIEDE, Y.; SCHLAUTMANN, J.; DONOSO, D.; WALLIS, C.; BENDIX, J.; BRANDLD, R.; FARWIG, N. Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes. **Ecological Indicators**, v. 83. 2017.

TRAMONTE, R. P. **Gastrópodes não nativos de água doce: uma revisão sistemática global e distribuição potencial de duas espécies problemáticas**. Tese (Doutor em Ecologia e Limnologia), Universidade Estadual de Maringá. Maringá, SP. 2021.

TRUJILLO, L. et al. Respiração do solo e dinâmica da liteira fina em Terra Preta de Índio e solos adjacentes, na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 9, n. 4, p. 7-20, 2020.

UEPG. Geodiversidade na educação: tempo geológico. **Geocultura**. 2018. Disponível em: <https://ead.uepg.br/geocultura/conceitos/tempo-geologico/index.html>. Acesso em: 25 de mai. 2023.

ZORZENON, F.J.; CAMPOS, T.B. **Controle de caracóis e lesmas em hortaliças e plantas ornamentais**. 2009. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Caracois/index.htm. Acesso em: 14 de mai. 2023.