UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS ERECHIM/ INSTITUTO EDUCAR - MST

CURSO DE AGRONOMIA COM ÊNFASE EM AGROECOLOGIA

EDIVAN CARVALHO

FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS NO ASSENTAMENTO ELI VIVE - LONDRINA PR

ERECHIM

2026

EDIVAN CARVALHO

FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS NO ASSENTAMENTO ELI VIVE - LONDRINA PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia com Ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Jacir João Chies

ERECHIM-RS

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

, Edivan Carvalho
FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS NO ASSENTAMENTO ELI VIVE - LONDRINA PR / Edivan Carvalho . -- 2026.
58 f.:il.

Orientador: Agronomo, Doutor em em Sistemas de Produção Agrícola familiar Jacir João Chies

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2026.

I. , Jacir João Chies, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

EDIVAN CARVALHO

FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA DA QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS NO ASSENTAMENTO ELI VIVE - LONDRINA PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia com Ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Agrônomo.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 03/08/2026.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.ª Dr. Jacir João Chies
Orientador

_____

Prof. Dr. Tarita Deboni - UFFS
Avaliadora

_____

Prof. Dr. Marília Alves Brito Pinto – UESB
Avaliadora

Dedico este trabalho para minha família, pilares fundamentais na minha vida, em especial a minha mãe que nunca poupou esforços para ver seu filho estudando. Dedico este trabalho a mim, pela pessoa que me tornei, agradeço a mim por não desistir em meio a tantas dificuldades. Obrigado a todos(as) que participaram de alguma forma na minha formação política e cientifica durante cinco anos, com toda certeza hoje sou uma pessoa que vê a realidade do mundo de outra forma.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares que nunca pouparam esforços em me ajudar na minha formação durante cinco anos.

Agradeço a minha companheira, Ellen Cristina dos Santos Zdziarski que me ajudou em todas as minhas coletas de amostragem, sem ela não teria realizo este trabalho.

Agradeço ao meu orientador Dr. Jacir João Chies por ter me orientado neste período importante da minha vida.

Agradeço a Cooperativa Agroindustrial de produção e Comercialização Conquista – COPACON, por ter me dado suporte duramente toda minha pesquisa, principalmente pelo apoio as minhas análises químicas e físicas de solo.

Agradeço ao Instituto Educar por ter participação direta na minha formação política e científica durante cinco anos, em especial ao MST.

Agradeço a Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) por ter me dado suporte em todas minhas análises da mesofauna, em especial ao departamento de solos e a equipe laboratorial.

Agradeço a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), principalmente aos professores (as) que me ajudam de alguma forma direta ou indiretamente neste trabalho.

Parece que a maioria das pessoas esqueceu que cidade alguma, seja grande, seja esplêndida e rica, pode garantir a vida. A vida vem do campo, da terra, do solo que produz nossos alimentos. E mesmo o mais rico gênio em informática que vive em mundos virtuais não escapa do fato de necessitar manter a sua vida por meio de alimentos produzidos em solos reais, regado pela chuva e pela água dos rios. Salvar os famintos não tem nada a ver com compaixão, mas com razão, porque, queiramos ou não, a terra é nossa astronave comum, de ricos e de pobres. E se afundar, afundamos todos juntos. Riquíssimos, ricos, abastados, pobres e famintos. Não há exceção nem salvação. Ou todos ou ninguém.

Ana Maria Primavesi

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade biológica de solos agrícolas sob diferentes manejos no Assentamento Eli Vive, localizado no município de Londrina, Paraná. Foram avaliados quatro ambientes: Sistema Agroflorestal (SAF), horta, lavoura convencional e mata nativa. A macrofauna foi avaliada por meio do método do monólito do solo e Berlese, com amostragem quantitativa de minhocas, enquanto a mesofauna foi analisada utilizando o método dos funis de Berlese. Também foram realizadas análises químicas do solo para caracterização dos ambientes estudados. Os resultados demonstraram que o Sistema Agroflorestal apresentou a maior abundância de minhocas, com densidade de 155,5 ind.m², sendo classificado como "Muito Bom" quanto à qualidade biológica do solo. A horta apresentou 112,5 ind.m², sendo classificada como "Bom", enquanto a mata nativa e a lavoura apresentaram 27,5 ind.m² e 0 ind.m², respectivamente, sendo enquadradas na categoria "Pobre". Na mesofauna, a horta apresentou a maior abundância total de organismos, seguida pela lavoura, mata e SAF. Em todos os sistemas avaliados, os ácaros e colêmbolos constituíram os grupos dominantes. Os resultados evidenciaram que sistemas com maior diversidade vegetal, cobertura permanente do solo e menor intensidade de perturbação favoreceram a manutenção da biodiversidade edáfica, enquanto sistemas convencionais apresentaram menor diversidade biológica e redução da macrofauna do solo. Concluiu-se que os diferentes sistemas de manejo influenciam diretamente a estrutura das comunidades edáficas e a qualidade biológica do solo. Práticas agroecológicas, especialmente os sistemas agroflorestais, favorecem a conservação da biodiversidade do solo e contribuem para a manutenção de importantes funções ecológicas, reforçando a necessidade de estratégias de manejo que conciliem produção agrícola e sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Fauna edáfica; qualidade biológica do solo; agroecologia; Sistema Agroflorestal; minhocas; mesofauna.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the biological quality of agricultural soils under different management systems in the Eli Vive Settlement, located in the municipality of Londrina, Paraná, Brazil. Four environments were assessed: an Agroforestry System (AFS), a vegetable garden, a conventional cropping system, and native forest. Soil macrofauna was evaluated using the soil monolith method, with quantitative sampling of earthworms, while mesofauna was assessed using the Berlese funnel method. Soil chemical analyses were also conducted to characterize the studied environments. The results showed that the Agroforestry System presented the highest earthworm abundance, with a density of 155.5 individuals m^{-2}, being classified as "Very Good" regarding soil biological quality. The vegetable garden presented 112.5 individuals m^{-2} and was classified as "Good," whereas the native forest and the conventional cropping system presented 27.5 individuals m^{-2} and 0 individuals m^{-2}, respectively, both being classified as "Poor." Regarding mesofauna, the vegetable garden showed the highest total abundance of organisms, followed by the conventional cropping system, native forest, and Agroforestry System. In all evaluated systems, mites and springtails were the dominant groups. The results demonstrated that systems with greater plant diversity, permanent soil cover, and lower levels of disturbance favored the maintenance of soil biodiversity, whereas conventional systems showed lower biological diversity and reduced soil macrofauna abundance. It was concluded that different management systems directly influence the structure of soil faunal communities and soil biological quality. Agroecological practices, especially agroforestry systems, promote the conservation of soil biodiversity and contribute to the maintenance of important ecological functions, reinforcing the need for management strategies that reconcile agricultural production with environmental sustainability.

Keywords: Soil fauna; soil biological quality; agroecology; Agroforestry System; earthworms; mesofauna.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do Assentamento Eli Vive Londrina-Paraná 30
Figura 2 - Coleta de minhocas para amostragens 32
Figura 3 - Método realizado pelo autor proposto por Bartz et al. (2024) 33
Figura 4 - Processos da coleta para análise química e física 35
Figura 6 - Principais organismo encontrado na mesofauna. a) Colêmbolo, b) Peseudoescorpião, c) Diplura, d) Ácaros decompositor e predador 39
Figura 7 - Extração da mesofauna pelo método de Berlese 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da fauna do solo 26
Tabela 2 - Levantamento dos tipos de manejo realizado nas propriedades..... 31
Tabela 3 - Classificação da saúde do solo em diferentes tipos de manejo utilizando abundância de minhocas (número médio ou ind.m²) proposta por Bartz *et al.,* 2024..... 37
Tabela 4 – Abundância da macrofauna (número de indivíduos m²) e frequência relativa (%) dos organismos coletados pelo método Funil de Berlese nos diferentes usos do solo. 38
Tabela 5 – Abundância da mesofauna (número de indivíduos m²) e frequência relativa (%) dos organismos coletados pelo método Funil de Berlese nos diferentes usos do solo. 38
Tabela 6. Caracterização de atributos químicos e físicos do solo sobre os diferentes sistemas 41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cfa	Clima Subtropical Úmido (Classificaçãode Koppen)
COS	Carbono Orgânico do Sol
Ds	Densidade do Solo
Ph	Potencial Hidrogeniônico
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FICO	Ferrovia de Integração Centro-Oeste
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
ILPF	Integração Lavoura Pecuária e Floresta
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
Ma	Macroporosidade
Mi	Microporosidade
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra
MSE	Metabolismo Socioeconômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PT	Porosidade Total
SAF	Sistema Agroflorestal
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
%	Porcentagem
CO2	Dióxido de Carbono
C:N:P	Relação Carbono: Nitrogênio: Fósforo
cm	Centímetro
cmol dm^{-3}	Centimol de carga por decímetro cúbico
g dm^{-3}	Grama por decímetro cúbico
ha	Hectare
ind. ha^{-1}	indivíduos por hectare
ind. m^{-2}	indivíduos por metro quadrado
km	Quilômetro
km^2	Quilômetro quadrado
m	Metro
m^2	Metro quadrado
mg dm^{-3}	Miligrama por decímetro cúbico
P	Fósforo
N	Nitrogênio
R$	Real (Moeda Brasileira)

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**14**
2	**REVISÃO DE LITERATURA**	**16**
2.1	O AVANÇO DA AGRICULTURA INDUSTRIAL NOS SISTEMAS AGROALIMENTARES	16
2.2	A RELAÇÃO DO SOLO SOBRE A SAÚDE HUMANA E SEUS IMPACTOS	19
2.3	O MANEJO DO SOLO COMO FATOR DA SUSTENTABILIDADE DOS AGROECOSSISTEMAS	21
2.4	MINHOCAS, ÁCAROS E COLÊMBOLOS: ORGANISMO INDICADORES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO	25
3	**OBJETIVO GERAL**	**28**
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4	**METODOLOGIA**	**29**
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
4.2	AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE MINHOCAS PELO MÉTODO DO MONÓLITO DO SOLO	31
4.3	AVALIAÇÃO DA MESOFAUNA DO SOLO PELO MÉTODO FUNIS DE BERLESE	33
4.4	ANÁLISE QUÍMICA	34
5	**RESULTADOS**	**37**
5.1	AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE MINHOCAS PELO MÉTODO DO MONÓLITO DO SOLO	37
5.2	AVALIAÇÃO DA MESOFAUNA DO SOLO PELO MÉTODO FUNIS DE BERLESE	38
5.3	AVALIÇÃO QUÍMICA DO SOLO	41
5.4	DISCUSSÃO	43
6	**CONCLUSÃO**	**48**
	REFERÊNCIAS	**50**

1 INTRODUÇÃO

A agricultura moderna, intensificada a partir da Revolução Verde, promoveu um expressivo aumento da produção agrícola mundial, principalmente em função do melhoramento genético das culturas, da mecanização agrícola e da utilização de agroquímicos. Embora esse modelo tenha sido amplamente difundido sob a perspectiva de ampliar a produção de alimentos, também esteve associado a diversos impactos socioambientais, como a concentração fundiária, o endividamento de pequenos agricultores, a degradação dos solos, a redução da biodiversidade, a dependência de insumos externos e o agravamento de problemas ambientais que permanecem presentes na atualidade.

Entre os componentes mais afetados por esse modelo produtivo destaca-se a biota do solo. O solo constitui um dos ecossistemas mais complexos e biodiversos do planeta, concentrando uma ampla variedade de organismos responsáveis pela manutenção de processos ecológicos fundamentais. Entretanto, os sistemas agrícolas baseados na simplificação dos agroecossistemas, no revolvimento intensivo do solo e no uso frequente de insumos externos podem comprometer a diversidade e a atividade desses organismos, reduzindo a qualidade biológica do solo. A perda da biodiversidade edáfica representa uma preocupação crescente, uma vez que a funcionalidade dos agroecossistemas depende diretamente da interação entre os organismos presentes no solo e os processos físicos, químicos e biológicos que nele ocorrem. (Silva, A. O.; Santos, F. 2023).

A degradação da biota do solo possui implicações que extrapolam os limites dos agroecossistemas, refletindo sobre a sustentabilidade da produção agrícola e a qualidade ambiental. O solo não deve ser compreendido apenas como um suporte físico para o desenvolvimento das plantas, mas como um sistema vivo, dinâmico e interdependente, no qual os processos biológicos influenciam diretamente a disponibilidade de nutrientes, a retenção de água, a estruturação do solo e a produtividade das culturas. Nesse contexto, ganha relevância a reflexão proposta por Ana Maria Primavesi (2016) de que “solo sadio, planta sadia, ser humano sadio”, evidenciando a estreita relação entre a saúde do solo, a produção de alimentos e a qualidade de vida das populações.

A macrofauna e a mesofauna edáfica apresentam elevada sensibilidade às alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo. Organismos como minhocas, ácaros, colêmbolos, dipluros, coleópteros e outros grupos desempenham funções ecológicas essenciais, atuando na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, formação e estabilização

de agregados, infiltração de água e manutenção da fertilidade natural dos solos. Em função dessas características, esses organismos são amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade biológica do solo, permitindo avaliar os efeitos das práticas de manejo sobre os ecossistemas edáficos. (Primavesi, 2016).

Nas últimas décadas, intensificaram-se os debates acerca da necessidade de conciliar a produção de alimentos com a conservação do agroecossitema. Nesse cenário, sistemas diversificados de produção, como policultivos e Sistemas Agroflorestais (SAFs), fundamentados nos princípios da agroecologia, têm sido apontados como alternativas capazes de promover a conservação da biodiversidade, a melhoria da qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. Apesar dos avanços científicos e da crescente produção de conhecimento sobre o tema, ainda existem desafios para a implementação e ampliação dessas práticas, especialmente em contextos em que predominam modelos convencionais de produção. (Altiere, 2012).

Segundo Chies (2019), a literatura acadêmica apresenta uma escassez de estudos que abordem a avaliação da fauna edáfica em áreas de assentamentos da reforma agrária, evidenciando uma lacuna significativa no conhecimento sobre a biodiversidade do solo. Diante disso, torna-se imperativo direcionar pesquisas para a agricultura familiar camponesa, visando a integração de abordagens científicas que alcancem as diferentes regiões do território brasileiro. Esses estudos devem priorizar a análise prática dos agroecossistemas locais, contribuindo para o entendimento de suas dinâmicas e para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo do solo.

Diante desse contexto, torna-se fundamental compreender como diferentes sistemas de manejo influenciam a qualidade biológica do solo e a dinâmica das comunidades edáficas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a macrofauna e a mesofauna do solo em diferentes sistemas de manejo conduzidos por agricultores familiares em área de Reforma Agrária, utilizando organismos bioindicadores para compreender as relações entre manejo agrícola, biodiversidade edáfica e qualidade biológica do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O AVANÇO DA AGRICULTURA INDUSTRIAL NOS SISTEMAS AGROALIMENTARES

Na premissa de Lopes *et al.* (2023) no cenário agrícola brasileiro à uma alta na mercantilização de alimentos, provocando uma disputa entre agricultura industrial e agricultura familiar. De um lado a agricultura industrial, ideologicamente representada na contemporaneidade pelo "agro", que produz *commodities*[1], por conseguintes "alimentos" com baixo valor biológico, que não ficam no estado brasileiro, ou seja, provocando uma extração e transferência da fertilidade da terra para outros países; esta agricultura que carrega um acúmulo de tecnologias produção das revoluções agrícolas, sobretudo da terceira denominada revolução verde, que surgi com discurso de tecnificar o campo para acabar com a fome, mas não acaba. Segundo Martins (2025) em contrapartida insurge a agricultura familiar camponesa, com tecnologias adaptadas aos agroecossistemas locais, inerente a produção de alimentos diversificados, com a real capacidade de acabar com a fome. Mas pela economia ser hegemonicamente capitalista, o excedente é comercializado, mesmo na lógica de políticas institucionais, estes produtos se tornam mercadoria, sendo um paradoxo então acabar com a fome, se não mudarmos a estrutura da sociedade.

Segundo Fernanda (2024), o governo federal destina incentivos financeiros de maneira assimétrica às duas vertentes da agricultura brasileira. Enquanto o agronegócio recebe aportes financeiros exorbitantes, ano após ano, consolidando um modelo que acentua a degradação ambiental como; desmatamento, contaminação de corpos hídricos e emissões de gases de efeito estufa, paradoxalmente, milhões de pessoas enfrentam insegurança alimentar, evidenciando uma agricultura que prioriza o lucro em detrimento da soberania alimentar. Por outro lado, a agricultura familiar camponesa, responsável pela produção de alimentos básicos e pela manutenção de práticas agroecológicas sustentáveis, recebe uma parcela ínfima de recursos públicos, além de enfrentar entraves burocráticos que dificultam o acesso a esses fundos. Essa realidade

[1] A produção de commodities comercializadas globalmente é uma das principais causas de desmatamento, conversão de vegetação natural, perda de habitat e biodiversidade. No Brasil, não apenas a floresta amazônica está em risco - o rico bioma do Cerrado tem sofrido impactos severos devido ao cultivo em larga escala de soja e criação de gado. Embora haja uma maior conscientização sobre as conexões existentes entre produção agropecuária, consumo, comércio internacional e a perda de biodiversidade, esforços públicos e privados coordenados ainda são necessários para abordar completamente os impactos adversos dos sistemas alimentares insustentáveis. (Onu, 2023).

marginaliza um setor essencial para a segurança alimentar e para a preservação dos agroecossistemas, reforçando a necessidade de políticas públicas mais equitativas e eficientes que valorizem a produção de alimentos saudáveis e a sustentabilidade socioambiental.

Segundo Araujo (2025) o Brasil está entre os maiores emissores de GEE do mundo, o principal setor responsável pelas emissões é constituído pelo setor agropecuário, o principal pilar desse avanço de GEE é o desmatamento intensivo em áreas de cobertura natural. Em um futuro próximo o setor agrícola será o maior emissor de GEE do mundo, tendo em vista que outros setores iram periodicamente diminuir suas emissões, isso se dá devido ao grande aumento exponencial da população e a grande demanda por alimento. Mas na premissa de Oliveira *et al.,* (2022) aumentar a produção de alimentos não irá resolver o problema, sabendo que globalmente não há falta de alimento, a questão é, a distribuição não é feita de maneira correta. Portando deve-se dar uma visão mais holística para o modo de produção atual, e repensar o uso de recursos naturais ainda disponível, pensando também que grande parte dos recursos naturais são desperdiçados, devido a má gestão nas diferentes cadeias de produção.

A agricultura industrial é frequentemente associada à perda de carbono orgânico do solo (COS) em razão do preparo intensivo e da ausência de práticas de conservação. Isso compromete a capacidade de sequestro de carbono e contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nos estudos recentes de Erastus *et al,* (2026) associa os vários trabalhos acadêmicos na esfera dos efeitos das interações planta-solo, e o efeitos da emissão de C02 sobre a fauna edáfica do solo. Nos estudos investigados traz átona que 10% de toda emissão de gases estufas (GEE) é emitido pela agricultura, os principais impactos são causados pela agricultura convencional, que emite 27% de C02 comparando a sistemas de cultivo que presa a conservação do solo. Contudo a enorme perda de micro habitats, redes fúngicas e perturbações físicas está associada a agricultura de larga escala, principalmente pelo tipo de manejo adotado (aração, gradagem e escarificação) ou seja, acelerando a decomposição de matéria orgânica.

No mesmo estudo de Erastus *et al.* (2026) e Primavesi (1968) afirma que há uma correlação entre planta e microrganismo, 20-30% do C02 que é fixado pela planta via fotossíntese é transferido para o solo, essa transferência ocorre pelos exsudados das plantas, os exsudados é uma grande fonte de energia para os microrganismos benéficos, contudo há uma estabilização do carbono e na formação de agregados[2] realizado pelas diversas comunidades microbiana,

[2] Segundo Erastus (2026) os agregados do solo protegem e estabilizam o carbono orgânico, controlando seu armazenamento, renovação e CO_2 liberação no ciclo C do solo. Principais membros microbianos são *Azotobacter* (*A. chroococcum*), *Azospirillum* (*A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonese*), *Bacillus* (*B. subtilis*, *amyloliquefaciens*), *Klebsiella* (*K. pneumoniae*), *Rhizobium* (*R. leguminosarum*), *Rhizobium* (*R. etli*).

fungos micorrízicos[3] e bactérias atuam conjuntamente na absorção de P e na fixação N, todavia os microrganismo heterotróficos tem alta capacidade de fixar C02 no escuro, e os autotróficos tem capacidade de utilizar o ciclo de Calvin para fixar carbono inorgânicos, os estudos afirma que as bactérias tem influência na regularização hormonais (por exemplo as giberelinas), podendo afirmar que aumenta a resistência das plantas aos estresses abióticos.

Em contraposição ao modelo de agricultura industrial, orientado pela lógica mercantil e pela maximização da produtividade, a agroecologia propõe uma reconfiguração paradigmática dos sistemas agroalimentares. Conforme Gliessman (2018), a transição agroecológica constitui um processo gradual e sistêmico que integra dimensões ecológicas, sociais e econômicas, incorporando práticas adaptadas às especificidades dos agroecossistemas locais. Tal abordagem, como destaca o autor, busca restabelecer as funções ecológicas do solo, com ênfase na conservação da biodiversidade edáfica e na mitigação de impactos ambientais, promovendo o equilíbrio entre produção agrícola e integridade ambiental.

Do ponto de vista biofísico, a transição agroecológica promove maior complexidade estrutural e funcional nos sistemas produtivos. Segundo Rangel e Silva (2007), a interação entre o sistema radicular das plantas e o solo desempenha papel central na dinâmica edáfica, influenciando atributos como agregação, porosidade e fertilidade. Nesse sentido, os autores indicam que, em sistemas convencionais, a predominância de monocultivos restringe a diversidade dessas interações, ao passo que práticas agroecológicas, como rotações de culturas e consórcios vegetais, ampliam a diversidade funcional dos sistemas radiculares, promovendo maior heterogeneidade edáfica e estabilidade ecológica.

Essa diversificação biológica está diretamente associada à intensificação dos processos ecológicos no solo. De acordo com Hungria e Mendes (2015), em sistemas agroecológicos, a ciclagem de nutrientes é mais eficiente, especialmente quando há incorporação de leguminosas e espécies perenes. Os autores ressaltam que a atividade da biota edáfica favorece processos como a fixação biológica de nitrogênio, reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos e contribuindo para a manutenção da fertilidade do solo, além de mitigar impactos ambientais como a eutrofização. Como consequência desses processos, os serviços ecossistêmicos associados ao solo são potencializados. Conforme Lavelle *et al.* (2006), a maior biodiversidade funcional contribui para o controle biológico de pragas, melhoria da estrutura do solo e aumento

[3] Segundo Erastus (2026) os fungos micorrízicos regulam o acúmulo e estabilização do (COS) modulando as razões estequiométricas do solo (C:N:P), com espécies micorrízicas promovendo mais (COS) e partículas orgânicas C devido à sua estratégia de ciclo de nutrientes mais lenta. Principais membros microbianos *Rhizophagus* (*R. intraradices*, *R. aggregatus*), *Funneliformis* (*F. mosseae*), *Glomus* (*G. mosseae*), *Pseudomonas* (*P. mandelii*).

da resiliência dos agroecossistemas. Em contraste, como apontam os autores, sistemas convencionais baseados no uso intensivo de agroquímicos tendem a comprometer esses serviços, ampliando a dependência de insumos externos.

A relação entre solo e serviços ecossistêmicos é amplamente reconhecida pela literatura, e sistemas agroecológicos preservam e ampliam esses serviços, como a regulação hídrica, o sequestro de carbono e a manutenção da agrobiodiversidade. A organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2017) afirma que os sistemas convencionais, ao priorizarem a produtividade imediata, frequentemente comprometem a oferta desses serviços, impactando negativamente o metabolismo socioeconômico (MSE)[4]. Essa diferença reforça a relevância de estudos comparativos em escala local.

2.2 A RELAÇÃO DO SOLO SOBRE A SAÚDE HUMANA E SEUS IMPACTOS

A saúde humana tem sido profundamente impactada pelo uso intensivo e abusivo de agrotóxicos, resultando em graves consequências. A partir do estudo do Atlas dos Agrotóxicos, (2023) estima-se que cerca de 385 milhões de pessoas sofram intoxicação por essas substâncias, anualmente. A maior parte das vítimas estão concentradas nos países do Sul Global, sobretudo nos povos do campo, das florestas e das águas de forma direta por derivas de plantações adjacentes e indireta através dos alimentos que consome. Essas intoxicações podem ocorrer tanto de forma aguda (em curto período), quanto de maneira crônica, (ao longo do tempo), muitas vezes sem que os próprios agricultores tenham consciência da exposição. Aproximadamente 20 mil pessoas morrem todos os anos em decorrência de envenenamentos "não intencionais". A fragilidade das legislações em diversos países do Sul Global, aliada à circulação de agrotóxicos altamente perigosos, agrava ainda mais esse cenário. A Índia, por exemplo, concentra cerca de 60% das mortes por envenenamento no mundo. No Brasil, entre 2010 e 2019, houve um aumento expressivo de 97% nas mortes por intoxicação.

É importante correlacionar que o aumento no uso de agrotóxicos se deve ao grande avanço das *commodities,* que vem impactando diretamente os povos do campo, ultrapassando

[4] O metabolismo socioeconômico (MSE) é uma perspectiva teórica e metodológica que tem a pretensão de entender as relações entre as sociedades e a natureza, no sentido de qualificação e quantificação dos impactos biofísicos advindos da apropriação dos seus recursos energéticos e materiais, liberação de resíduos e rejeitos, e efeitos sinérgicos dessas atividades como consequência da ação humana. (Araújo *et al.,* 2019).

todos os limites do latifúndio[5]. No estado do Mato Grosso do sul, por exemplo, pesquisas recentes de Pinho A *et al.* (2024) demonstra que muitas comunidades vêm sofrendo ataques de deriva de agrotóxicos, poluindo rios, córregos, terras além dos corpos, o avanço do desmatamento vem crescendo rapidamente nesses territórios, atualmente o MS é o 3° estado com mais contaminações por agrotóxicos em terras indígenas, órgãos públicos muitas vezes não tem poder de interver porque também são ameaçados pelo agronegócio. No MS as áreas indígenas que ainda resiste com muita luta estão cercadas pelas grandes lavouras do agronegócio sendo atacado dia a dia, com o avanço das tecnologias; também é uma porta de extermino com o uso intensivos de drones, as comunidades acabam ficando reféns tendo graves problemas na qualidade de vida, na soberania alimentar e na soberania dos povos.

O avanço do agronegócio no Brasil segue em ritmo acelerado, impulsionado por grandes projetos de infraestrutura logística. Entre eles, destaca-se a Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO), com aproximadamente 1.641 km de extensão, planejada para conectar regiões produtoras do Centro-Oeste ao porto de Paranaguá (PR). Embora apresentada como uma solução estratégica para otimizar o escoamento de *commodities* como soja e milho, a ferrovia também evidencia profundas contradições no modelo de desenvolvimento adotado.

Sob o discurso de progresso e eficiência, a FICO reforça a dependência de um modelo econômico voltado à exportação de produtos primários, beneficiando majoritariamente grandes grupos do agronegócio. Ao mesmo tempo, os custos sociais e ambientais desse projeto tendem a ser invisibilizados ou minimizados nos debates públicos.

O traçado da ferrovia atravessa áreas sensíveis dos biomas Cerrado, Pantanal, Amazônia e Mata Atlântica, ampliando a pressão sobre ecossistemas já fragilizados pelo avanço da fronteira agrícola. Além disso, o empreendimento impactará diretamente centenas de comunidades indígenas, quilombolas, assentamentos rurais e pequenos agricultores, que frequentemente não são devidamente consultados ou têm seus direitos assegurados de forma plena.

Outro aspecto crítico refere-se aos impactos ambientais diretos: estima-se que ao menos 105 corpos d'água sejam afetados, alterando dinâmicas hídricas essenciais para a sobrevivência

[5] Segundo o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST, 2026), o latifúndio é definido como uma propriedade agrícola de grande extensão territorial, caracterizada pela exploração extensiva e subutilização de seus recursos naturais. Essas propriedades, frequentemente mantidas ociosas ou com baixa produtividade, representam terras com aproveitamento econômico reduzido e, em muitos casos, improdutivas. De acordo com a legislação vigente, o latifúndio é classificado como uma grande propriedade rural cuja área iguala ou supera a dimensão do módulo rural estabelecido, mas que permanece inexplorada em relação às suas potencialidades físicas, econômicas e sociais no contexto regional. Essa ineficiência produtiva está associada a práticas especulativas, nas quais a terra é mantida como reserva de valor ou instrumento de acumulação capitalista, em detrimento de sua função social e produtiva. Essa dinâmica reforça a concentração fundiária e a desigualdade no acesso à terra, configurando-se como um obstáculo ao desenvolvimento rural sustentável e à justiça social no campo

dessas populações. A interferência nos cursos de água compromete não apenas o abastecimento, mas também práticas culturais, produtivas e modos de vida tradicionais profundamente conectados ao território.

Dessa forma, a FICO não pode ser analisada apenas sob a ótica do desenvolvimento econômico. É fundamental questionar quem se beneficia desse tipo de projeto e quem arca com seus impactos. O avanço logístico do agronegócio, não acompanha políticas de proteção socioambiental e respeito aos direitos territoriais, aprofunda desigualdades e intensifica os conflitos no campo. (Instituto Socioambiental, 2025).

Neste sentido os estudos recentes apontam que a população mais vulnerável tem maiores riscos de contaminação por agrotóxico devido a suscetibilidade do metabolismo, crianças, gestantes e idosos são os principais alvos, além disso trabalhadores rurais sofrem uma dupla exposição de derivas de agrotóxicos com a utilização de drone agrícolas. Grande parte dos alimentos produzidos com o uso de agrotóxico sintético tem uma alta capacidade de ficar no alimento mesmo após a lavagem e o processamento, impactando diretamente na saúde da população rural e principalmente na soberania e qualidade alimentar. (Pedro, *et al*., 2025).

2.3 O MANEJO DO SOLO COMO FATOR DA SUSTENTABILIDADE DOS AGROECOSSISTEMAS

Segundo Brady e Weil (2019), o solo, considerado um recurso não renovável em escalas humanas, desempenha funções essenciais, como a ciclagem de nutrientes, regulação hídrica e suporte à biodiversidade, sendo que a qualidade edáfica está diretamente relacionada à sustentabilidade dos sistemas produtivos, pois influencia a capacidade do agroecossistema em manter sua produtividade ao longo do tempo. Nesse sentido, investigar a diversidade edáfica em diferentes contextos de manejo agrícola é crucial para compreender como as práticas impactam na saúde e resiliência dos agroecossistemas.

De acordo com Silva *et al.* (2021), a microbiota do solo é particularmente sensível às mudanças impostas pelo manejo agrícola, funcionando como um indicador biológico da qualidade edáfica. Em sistemas industriais, observa-se uma redução da diversidade microbiana em razão do uso contínuo de agroquímicos, enquanto, em contraponto, na agroecologia há um estímulo à diversidade por meio da rotação de culturas, adubação orgânica e consórcios, dinâmica que influencia diretamente a disponibilidade de nutrientes e a estrutura física do solo, interferindo na produtividade agrícola.

Conforme destacado pelo Atlas dos Agrotóxicos (2023), os solos saudáveis são constituídos pela biodiversidade presente em um determinado ecossistema, sendo que o solo abriga um quarto de todas as espécies presentes no planeta, e uma pá de terra pode conter mais organismos vivos do que pessoas na Terra. Nesse contexto, o cuidado com o solo é fundamental, considerando a importância das atividades microbianas, muitas das quais realizam a ciclagem de nutrientes, a infiltração de água, o sequestro de gases de efeito estufa, a regulação do clima e a construção da camada de húmus. Assim, é importante compreender a função do solo no agroecossistema, que não se limita à produção de alimentos, mas também à manutenção da vida.

Vezzani e Mielniczuk (2011) destacam que a compactação do solo, fenômeno comum em áreas de agricultura intensiva, compromete a infiltração de água e aeração, reduzindo o desenvolvimento radicular e aumentando a suscetibilidade à erosão. Esse processo é agravado pelo tráfego de máquinas pesadas e pela ausência de cobertura vegetal. Em contrapartida, em sistemas agroecológicos, práticas como o plantio direto com plantas da biodiversidade permanente contribuem para a mitigação desse problema, restaurando a estrutura do solo e favorecendo sua porosidade.

Parron *et al.* (2015) ressaltam que a água, recurso fundamental para o funcionamento do solo, é diretamente afetada pelas práticas de manejo. Em sistemas convencionais, a redução da cobertura vegetal aumenta a evaporação e diminui a infiltração, favorecendo a escorrência superficial. Já na agroecologia, a presença de cobertura morta, agroflorestas e diversificação de culturas promove maior retenção hídrica, melhora a infiltração e contribui para a recarga dos aquíferos locais, garantindo maior estabilidade produtiva.

Segundo Pereira *et al.* (2018), a erosão hídrica é um dos principais desafios no manejo agrícola industriais, especialmente em solos tropicais, que apresentam alta suscetibilidade devido à textura e intensidade pluviométrica. A perda de solo e nutrientes compromete a fertilidade e causa impactos em ecossistemas aquáticos.

Loss *et al*. (2014) evidenciam que a matéria orgânica do solo desempenha papel fundamental na manutenção da fertilidade, influenciando propriedades físicas, químicas e biológicas. Os autores apontam que sistemas agroecológicos apresentam maiores teores de matéria orgânica em comparação aos convencionais, em razão do aporte contínuo de resíduos vegetais e esterco animal, sendo esse componente essencial para a formação de agregados estáveis, aumento da capacidade de retenção de água e estímulo à atividade microbiana.

Conforme Lavelle *et al.* (2006), a biodiversidade edáfica, composta por macro e microrganismos, desempenha funções essenciais na decomposição da matéria orgânica e no controle

biológico de insetos. Em sistemas agroecológicos, há maior abundância de minhocas, fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio, elementos fundamentais para a manutenção da fertilidade, garantindo maior resiliência frente a estresses ambientais e aumentando a capacidade adaptativa dos sistemas de produção.

Nesse sentido, Altieri (2012) argumenta que o uso contínuo de agroquímicos na agricultura industriais tem efeitos deletérios sobre a microbiota do solo, reduzindo a abundância de microrganismos benéficos e selecionando populações resistentes. Essa prática compromete a ciclagem de nutrientes e a saúde edáfica do solo. Em contrapartida, na agroecologia, o manejo integrado de pragas e o uso de biopesticidas reduzem a contaminação química, preservando a qualidade biológica do solo e promovendo equilíbrio ecológico nos agroecossistemas.

Sistemas agroalimentares constitui um eixo central para a avaliação da sustentabilidade produtiva e dos impactos ambientais associados ao uso e manejo do solo, tanto na agricultura industrial, bem como na agricultura familiar. Segundo Souza *et al.,* (2020) no contexto brasileiro, a intensificação agrícola tem promovido alterações significativas nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, sobretudo em regiões de elevada aptidão agrícola e alta produtividade. Essas transformações incluem modificações na estrutura, na dinâmica de nutrientes e na atividade biológica, comprometendo, em muitos casos, a funcionalidade ecossistêmica dos solos.

Nos estudos de Altieri; Nicholls (2017) do ponto de vista edáfico, esse padrão de manejo da agricultura industrial está associado a processos de degradação, tais como a intensificação da erosão hídrica, a compactação do solo decorrente do tráfego de máquinas agrícolas e a redução dos teores de matéria orgânica. Adicionalmente, observa-se a diminuição da biodiversidade edáfica e da atividade microbiana, elementos fundamentais para a ciclagem de nutrientes e manutenção da estrutura do solo. Tais alterações comprometem a resiliência dos sistemas agrícolas e sua capacidade de sustentar a produtividade no longo prazo.

No âmbito das práticas de manejo, diferentes estratégias agroecológicas têm demonstrado elevada eficiência na recuperação e conservação dos atributos edáficos. Segundo Montagnini e Nair (2004), destacam-se os sistemas agroflorestais, que favorecem a ciclagem de nutrientes, aumentam a infiltração de água e reduzem a erosão, além de promoverem maior diversidade biológica. Os autores evidenciam que a introdução de componentes arbóreos em áreas agrícolas contribui significativamente para a melhoria da qualidade do solo.

De forma complementar, conforme Balbino *et al.,* (2011), a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) tem se consolidado como estratégia promissora para conciliar produção e conservação. Os autores destacam que essa abordagem promove melhorias nas propriedades

físicas, químicas e biológicas do solo, reduzindo a compactação, aumentando a infiltração de água e diversificando a renda dos produtores.

No que se refere à estrutura física do solo, Cardoso *et al.* (2013) observam que sistemas convencionais tendem à degradação devido à mecanização intensiva, resultando em aumento da densidade aparente, redução da porosidade e formação de crostas superficiais. Em contrapartida, como destacam os autores, práticas agroecológicas como adubação verde, cobertura permanente do solo e cultivo mínimo favorecem a agregação das partículas e a estabilidade estrutural, criando condições mais adequadas para o desenvolvimento radicular e a atividade biológica.

Essas diferenças tornam-se evidentes na análise de indicadores de qualidade do solo. Segundo Araújo e Monteiro (2007), indicadores como densidade aparente, estabilidade de agregados e teor de matéria orgânica tendem a apresentar resultados mais favoráveis em sistemas agroecológicos, refletindo maior equilíbrio funcional, enquanto sistemas convencionais evidenciam degradação progressiva. Os autores também indicam que a percepção dos agricultores, baseada em indicadores empíricos como presença de macrofauna e infiltração de água, reforça a importância do conhecimento local na avaliação da qualidade edáfica.

A heterogeneidade espacial dos solos também é diretamente influenciada pelo manejo. Conforme Altieri (2012), em sistemas convencionais, a padronização das práticas resulta em maior homogeneidade, porém com menor diversidade funcional. Em contraste, como argumenta o autor, a agroecologia promove a diversificação espacial e temporal das práticas agrícolas, criando mosaicos produtivos que aumentam a resiliência dos agroecossistemas.

Para além das dimensões biofísicas, a transição agroecológica envolve importantes implicações socioeconômicas. Segundo Caporal e Costabeber (2004), sistemas convencionais, embora produtivos no curto prazo, apresentam elevados custos associados à dependência de insumos externos e à degradação ambiental. Já Altieri e Nicholls (2017) destacam que os sistemas agroecológicos reduzem essa dependência, fortalecem a autonomia dos agricultores e estimulam processos coletivos de construção do conhecimento popular, contribuindo para a sustentabilidade econômica a longo prazo.

Entretanto, esse processo de transição não ocorre de forma linear. De acordo com Nicholls e Altieri (2018), são necessárias mudanças técnicas, culturais e cognitivas, uma vez que o predomínio histórico da agricultura industrial moldou práticas e percepções ao longo do tempo. Os autores ressaltam a importância da valorização da memória social e dos saberes locais, considerando que agricultores frequentemente enfrentam desafios relacionados à adaptação de práticas e à necessidade de assistência técnica especializada.

No contexto das mudanças climáticas, conforme o Painel Intercontinental sobre Mudanças Climáticas (2019), esses desafios são intensificados pelo aumento da variabilidade pluviométrica e da ocorrência de eventos extremos, ampliando a necessidade de sistemas agrícolas resilientes. Nesse cenário, o relatório destaca que a diversidade edáfica desempenha papel estratégico, uma vez que solos biologicamente ativos apresentam maior capacidade de retenção de água e resistência a perturbações, sendo a agroecologia uma abordagem eficaz para mitigação desses impactos.

Diante desse contexto, o papel das políticas públicas torna-se central. Segundo Brasil (2012), programas de crédito, assistência técnica e incentivo à agricultura familiar têm contribuído para a adoção de práticas agroecológicas, fortalecendo a transição e ampliando as oportunidades para os agricultores. Paralelamente, conforme a Embrapa (2019), evidências empíricas demonstram a eficácia dessas práticas na melhoria dos atributos do solo, reforçando a importância da ciência na consolidação desse modelo.

Por fim, conforme Souza *et al.* (2020) e Gliessman (2018), a análise comparativa da diversidade edáfica entre sistemas convencionais e agroecológicos é fundamental para a compreensão da sustentabilidade agrícola. Os autores indicam que, embora avanços significativos tenham sido observados, ainda persistem lacunas na quantificação de indicadores em escala local. Assim, o fortalecimento da pesquisa, aliado ao apoio institucional e à valorização dos saberes locais, é essencial para consolidar a agroecologia como estratégia viável para integrar produção de alimentos, conservação ambiental e justiça social.

2.4 MINHOCAS, ÁCAROS E COLÊMBOLOS: ORGANISMO INDICADORES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO

Antes de apresentar a importância ecológica das minhocas, ácaros e colêmbolos, é fundamental compreender como a fauna edáfica é classificada. Os organismos que habitam o solo diferenciam-se principalmente pelo tamanho corporal, ocupando distintos nichos ecológicos e desempenhando funções específicas nos processos biológicos do ecossistema. Dessa forma, a fauna do solo é tradicionalmente classificada em microfauna, mesofauna e macrofauna, de acordo com o diâmetro ou tamanho dos organismos (tabela 1).

Tabela 1 - Classificação da fauna do solo

Categoria	Diâmetro	Principais Representantes
Microfauna	44 µm a 100µm	Protozoários, nematoides, bactérias, algas e rotíferos.
Mesofauna	100 µm a 2 mm	ácaros, colêmbolos, proturos, dipluros, pseudoescorpião, enquitrídeos entre outros.
Macrofauna	2 mm a 20 mm	minhocas, formigas, hymenoptera, díptera, chilopoda, aranea cupins, aracnídeos.

Fonte: Próprio autor. Adaptado de Pereira (2024)

A presença de minhocas, ácaros e colêmbolos no solo é um importante indicativo da qualidade biológica dos ecossistemas terrestres, uma vez que esses organismos desempenham funções essenciais na manutenção dos processos ecológicos responsáveis pela fertilidade, estruturação e funcionamento do solo. Esses grupos integram a fauna edáfica e contribuem diretamente para serviços ecossistêmicos fundamentais, como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, a formação do solo (pedogênese), a regulação das comunidades microbianas e a manutenção da produtividade vegetal. (Pereira, 2024)

As minhocas, pertencentes à macrofauna do solo, são frequentemente classificadas como engenheiras do ecossistema devido à sua capacidade de modificar as propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente. Por meio da escavação de galerias e da ingestão de solo e resíduos orgânicos, esses organismos promovem a bioturbação, aumentando a porosidade, a aeração e a infiltração de água, além de reduzir os efeitos da compactação. Sua atividade favorece a incorporação de matéria orgânica em profundidade e estimula a atividade microbiana. Os coprólitos produzidos durante o processo digestivo apresentam elevadas concentrações de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, contribuindo para a fertilidade do solo e para a formação de agregados estáveis.

Os ácaros e colêmbolos constituem grande parte da mesofauna edáfica e exercem papel fundamental nos processos de decomposição e reciclagem de nutrientes. Os ácaros apresentam ampla diversidade funcional, podendo atuar como decompositores, fungívoros ou predadores. Os oribatídeos destacam-se pela decomposição de resíduos orgânicos e pelo consumo de

fungos, enquanto os mesostigmatas desempenham importante função no controle biológico ao predarem nematoides e pequenos artrópodes. Dessa forma, contribuem para o equilíbrio das cadeias alimentares do solo e para a regulação das populações de organismos potencialmente prejudiciais.

Os colêmbolos, por sua vez, atuam principalmente na fragmentação da serapilheira e na regulação das comunidades microbianas. Ao se alimentarem de fungos, bactérias e resíduos vegetais em decomposição, aceleram a transformação da matéria orgânica e favorecem a mineralização dos nutrientes. A produção de pelotas fecais e a fragmentação contínua dos resíduos aumentam a superfície disponível para a ação dos microrganismos decompositores, potencializando a ciclagem de nutrientes e a formação de húmus (Rieef, 20214).

Além de suas funções ecológicas, minhocas, ácaros e colêmbolos são amplamente reconhecidos como bioindicadores da qualidade do solo. A elevada abundância e diversidade desses organismos geralmente refletem ambientes com boa disponibilidade de matéria orgânica, adequada estrutura física e equilíbrio biológico. Em contrapartida, a redução de suas populações pode indicar degradação ambiental decorrente de práticas de manejo inadequadas, como o revolvimento excessivo do solo, a compactação e o uso intensivo de agroquímicos. Nesse contexto, o monitoramento desses grupos fornece informações valiosas sobre a sustentabilidade dos sistemas de produção e sobre o estado de conservação dos ecossistemas, sendo amplamente utilizado em avaliações de qualidade biológica do solo. (Demetrio *et al.,* 2025).

3 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade biológica de solos agrícolas sob diferentes manejos no Assentamento Eli Vive, município de Londrina PR.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Quantificar a abundância de da população de minhocas, ácaros, colêmbolo entre outros organismos em cada ambiente agrícola e;

3. Estabelecer relações entre a qualidade do solo e a presença de vida nos ambientes analisados.

4 METODOLOGIA

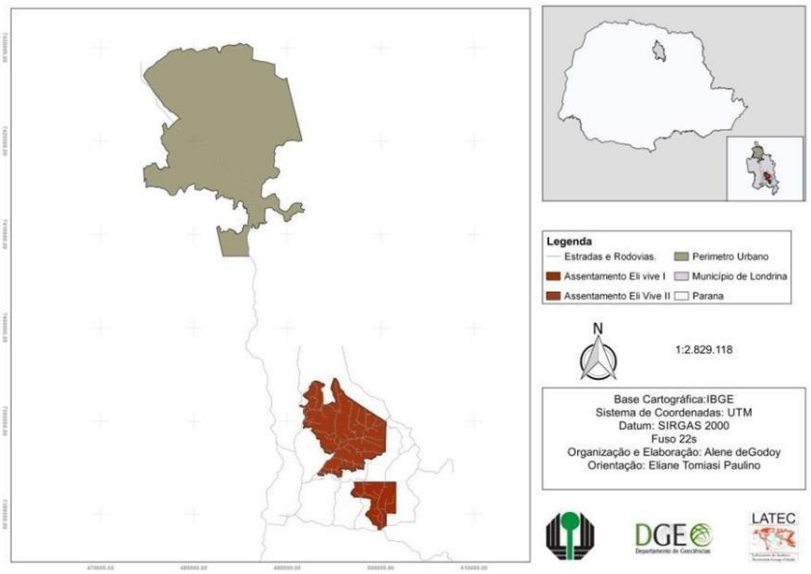
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido entre janeiro e março de 2026 nas propriedades de agricultura familiar em área de Reforma Agrária, localizada em Londrina, PR.

O município de Londrina está situado no Território Norte do estado do Paraná, na meso região Norte Paranaense, possui área territorial de 1.652,569km² (IBGE/2024), altitude de 610 m e localizado geograficamente na Latitude 23 º 18 ' 37 " Se Longitude 51 º 09 ' 46 " W. A distância da sede municipal até a capital é de 377,77km/IBGE/2010. O IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano) é de 0,77. O PIB Per Capita (IBGE/2021) é R$ 40.636,89R$. O município foi desmembrado de Jataizinho, e sua emancipação foi em 10/12/1934. Pertence a Comarca do próprio município de Londrina. Faz fronteira com os seguintes municípios: Marilândia do Sul, Apucarana, Arapongas, Assaí, Cambé, Ibiporã, São Jerônimo da Serra, Sertanópolis e Tamarana.

Na região sul do município, as Fazendas Guairacá e Pininga, localizadas no Distrito de Lerroville no município de Londrina, norte do Paraná, foram transformadas nos assentamentos Eli Vive I e Eli Vive II, por meio da Portaria nº 30 de 25/08/2010 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Nos 7.313,06 hectares ocupados pelas fazendas Guairacá (com 5.826,52 hectares) e Pininga (com 1.486,54 hectares) foram assentadas 501 famílias.

Figura 1 - Localização do Assentamento Eli Vive Londrina-Paraná



Fonte: Prefeitura de Londrina. Organização Godoy, (2017)

Segundo a Classificação de Köppen (2026) as características climáticas do município de Londrina são consideradas Cfa, isso refere-se a clima subtropical úmido, com temperaturas medias anuais de 20,3 °C e precipitação de 1574,7 no ano, com duas estações bem definidas, inverno compreendido maio a agosto e verão entre outubro e abril.

Quatros áreas agrícolas sob diferentes manejos (Lavoura com manejo regular de agrotóxicos, horta e SAF em sistema agroecológico e mata nativa) foram avaliadas visando identificar seus impactos na qualidade microbiota do solo. O tipo de solo onde foi realizado a pesquisa é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférrico (Araújo, E. *et al*. 2013.).

A seleção das quatro áreas de estudo (Lavoura, horta e SAF em sistema agroecológico e mata nativa) foi realizada considerando a premissa fundamental de homogeneidade do microclima e das condições ambientais de base, como solo e topografia. Esta abordagem é essencial para isolar o efeito dos diferentes sistemas de manejo sobre as variáveis resposta, minimizando a interferência de gradientes ambientais externos (Hatfield; Prueger, 2015; Primack, 2014).

A disposição das áreas em uma mesma microrregião, com distâncias mínimas entre si, visa garantir que quaisquer diferenças microclimáticas detectadas sejam um resultado do próprio sistema de cultivo e não de variações climáticas regionais. Dessa forma, a comparação entre os tratamentos torna-se mais robusta e causalmente mais clara. Na tabela 1 é descrito o uso anterior da propriedade, tipo de preparo, rotação de cultura e cultura atual.

Tabela 2 - Levantamento dos tipos de manejo realizado nas propriedades

TRATAMENTOS	USO ANTERIOR	TIPO DE PREPARO	ROTAÇÃO DE CULTURA	CULTURA ATUAL
SAF	Cobertura Vegetal	Manual	Não	Nativas, frutíferas
Horta	Pousio	Motocultivador	Sim	Repolho
Lavoura	Vassoura	Grade Aradora	Não	Vassoura
Mata	-	-	-	-

O Sistema Agroflorestal (SAF) possui aproximadamente sete anos de implantação e caracteriza-se pela baixa intensidade de intervenção antrópica. As práticas de manejo são realizadas de forma eventual, sem operações periódicas de preparo do solo, mantendo-se a cobertura vegetal e a diversidade de espécies arbóreas, frutíferas e nativas. O sistema é utilizado como complemento à produção familiar, apresentando reduzida perturbação física do solo.

A área de horta caracteriza-se pela adoção de rotação de culturas e preparo do solo com motocultivador. O manejo fitossanitário é realizado exclusivamente com insumos biológicos, sem utilização de agroquímicos sintéticos. Além disso, a área dispõe de sistema de irrigação por aspersão, contribuindo para a manutenção da umidade do solo e para o desenvolvimento das culturas.

A área de lavoura é conduzida predominantemente com o cultivo de vassoura, sem adoção de rotação de culturas. O preparo do solo é realizado por meio de grade aradora, promovendo revolvimento periódico da camada superficial. O sistema utiliza agroquímicos sintéticos para o manejo das culturas, caracterizando um modelo de produção com maior intensidade de intervenção sobre o solo.

Por fim, a área de mata corresponde a um fragmento de floresta estacional semidecidual em estágio de conservação, apresentando reduzida ou inexistente interferência antrópica direta. Este ambiente foi utilizado como área de referência, por representar condições mais próximas do equilíbrio ecológico natural e da dinâmica original dos organismos edáficos.

4.2 AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE MINHOCAS PELO MÉTODO DO MONÓLITO DO SOLO

Para avaliação da macrofauna amostras de solo foram retiradas em 9 pontos dentro de cada área, seja em linha reta (a) ou em uma malha (b) mantendo a distância de 15 metros entre

cada ponto. Importante destacar que as amostras foram retiradas sempre a partir de 20 ou mais da borda da área (estrada, cerca, mata o córrego de água).

Em cada um dos 9 pontos amostrais monólitos de nas dimensões de 20 x 20 x 20 cm foram retirados utilizando a pá reta de corte e, acondicionou-os sobre uma lona e realizou-se a triagem das minhocas (Figura 2). A partir disso foi separado as minhocas da fauna invertebrada restante. Contado e anotado a quantidade de minhocas encontradas em cada buraco. (Bartz., *et al* 2024).

Também foi realizado os mesmos processos para avaliar a abundância de outros organismos que compõem a macrofauna (tabela 4), sendo estes realizado dentro de laboratório pelo método de funil de Berlese.

Figura 2 - Coleta de minhocas para amostragens



Fonte: próprio autor, (2026)

A comunidade da fauna do solo foi avaliada por meio dos parâmetros de abundância proposta por Bartz *et al*. (2024). A abundância foi determinada pelo número total de indivíduos encontrados por metro quadrado (indivíduos m^2) em cada ambiente avaliado.

Os dados foram organizados em tabelas contendo os grupos taxonômicos identificados no laboratório e suas respectivas densidades populacionais. Para complementar a análise da composição da comunidade, calculou-se a frequência relativa de cada grupo, expressa em

porcentagem, pela razão entre o número de indivíduos do grupo e o número total de indivíduos amostrados em cada ambiente.

A comparação entre os ambientes foi realizada a partir das variações observadas nos valores de abundância total, permitindo identificar diferenças na estrutura da fauna edáfica entre os sistemas de uso do solo avaliados.

A abundância de minhocas (Oligochaeta) foi avaliada por meio da metodologia de amostragem quantitativa proposta por Bartz *et al.* (2024), baseada na retirada de monólitos de solo e triagem manual dos organismos presentes.

A abundância foi expressa como número médio de indivíduos por amostra e convertida para densidade de indivíduos por metro quadrado (ind.m²), permitindo a comparação entre os diferentes sistemas de uso do solo. A partir dos valores obtidos, os ambientes foram classificados quanto à qualidade biológica do solo de acordo com os critérios estabelecidos por Bartz *et* al. (2024), utilizando as categorias pobre, bom e muito bom.

Figura 3 - Método realizado pelo autor proposto por Bartz et al. (2024)

Para calcular a abundância de minhocas na área:

1. Contar o número de minhocas por buraco.
2. Fazer a média de minhocas, ou seja, somar todas as amostras e dividir por nove.
3. O valor obtido será o número médio de minhocas.
4. Para obter valor de indivíduos por metro quadrado (ind.m^{-2}), multiplicar o número médio de minhocas (item 3) por 25.
5. Para o valor de indivíduos por hectare (ind.ha^{-1}), multiplicar o número de minhocas por metro quadrado (item 4) por 10.000.

Classificação da saúde do solo em culturas anuais sob Sistema Plantio Direto utilizando a abundância de minhocas (número médio ou ind.m^{-2} ou ind.ha^{-1}) e a riqueza de espécies de minhocas (número de espécies) proposta por Bartz et al. 2024.

	ABUNDÂNCIA DE MINHOCAS			RIQUEZA TOTAL
CATEGORIAS DE CLASSIFICAÇÃO	Número médio de indivíduos por amostra	Indivíduos por metro quadrado (ind.m^{-2})	Indivíduos por hectare (ind.ha^{-1})	Número de espécies
POBRE	< 2	< 50	< 50.000	1
MODERADO	≥ 2 - < 4	≥ 50 - < 100	≥ 50.000 - < 100.000	2
BOM	≥ 4 - < 6	≥ 100 - < 150	≥ 100.000 - < 150.000	3
MUITO BOM	≥ 6 - < 8	≥ 150 - < 200	≥ 150.000 - < 200.000	4
EXCELENTE	≥ 8	≥ 200	≥ 200.000	≥ 5

Fonte: Protocolo para amostragem quantitativa de minhocas Bartz *et al.,* (2024).

4.3 AVALIAÇÃO DA MESOFAUNA DO SOLO PELO MÉTODO FUNIS DE BERLESE

A amostragem da população de organismos da mesofauna, principalmente ácaros e colêmbolos, foi realizada com o uso de anel volumétricos nas dimensões de 8,5 cm de diâmetro e 8 cm de altura. Estas amostras também foram realizadas em 9 pontos amostrais por área de estudo totalizando 36 amostras. Vale ressaltar que as análises pelo funil de Berlese foi realizado na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), portanto as amostragens foram submetidas em uma caixa térmica de isopor com blocos de gelo modelo GR400/GELEOTECH, com isso foram enviadas via logística terrestre com chegada no destino de 2 dias após o envio.

Posteriormente, estas amostras foram submetidas a extração dos organismos pelo funil de Berlese (Figura 4). Esse método consiste na utilização de baterias de funis, na parte aérea deve ter luz como fonte de temperatura alta (lâmpada e 40W) e abaixo do funil um recipiente com solução de atração (álcool 70) que faz cair os microrganismos presente no solo avaliado. (Embrapa Agrobiologia, 2008).

4.4 ANÁLISE QUÍMICA

Para a caracterização química do solo, foram coletadas 20 subamostras simples em cada área de estudo na camada de 0-10. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta representativa de cada área (Figura 6). Após a homogeneização, retirou-se aproximadamente 500 g de solo, acondicionados em sacos de polietileno devidamente identificados. As amostras foram submetidas à secagem ao ar, conforme recomendações da Embrapa, e posteriormente encaminhadas ao laboratório para realização das análises químicas do solo (Teixeira *et al.,* 2017).

Figura 4 - Processos da coleta para análise química e física



Fonte: Próprio autor, (2026)

As amostras de solo foram encaminhadas para análise laboratorial visando a caracterização química e física dos diferentes ambientes avaliados. Foram determinados os atributos químicos pH, matéria orgânica, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo disponível (P), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

O fósforo disponível foi extraído pelo método Mehlich I e determinado por espectrofotometria, conforme metodologia descrita pela Embrapa (2009). Os teores de cálcio, magnésio e potássio foram extraídos pelo método Mehlich III e quantificados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), segundo Embrapa (2009). A matéria orgânica do solo foi determinada pelo método do dicromato de sódio com leitura por espectrofotometria (Embrapa, 2009). O enxofre foi extraído com fosfato de cálcio e determinado por espectrofotometria, conforme metodologia do IAC (2001).

A determinação do pH do solo foi realizada por potenciometria, utilizando solução de cloreto de cálcio ($CaCl_2$), de acordo com os procedimentos recomendados pela Embrapa (2009). Os micronutrientes como boro, cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados segundo os protocolos analíticos adotados pelo laboratório responsável.

Para a caracterização física do solo foram determinados os teores de areia, silte e argila, expressos em porcentagem, permitindo a classificação textural dos diferentes ambientes estudados.

5 RESULTADOS

5.1 AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE MINHOCAS PELO MÉTODO DO MONÓLITO DO SOLO

Na tabela 3 mostra-se o número médio de indivíduos observados em cada área (média de 9 monólitos) e consequentemente extrapolação para indivíduos por m², e a categorização da qualidade do solo de acordo com Bartz *et al.* (2024).

Tabela 3 - Classificação da saúde do solo em diferentes tipos de manejo utilizando abundância de minhocas (número médio ou ind.m²) proposta por Bartz *et al.,* 2024.

ABUNDÂNCIA DE MINHOCAS (OLIGOCHAETA)				TOTAL DE INDIVÍDUOS
TRATAMENTOS	Número médios de indivíduos por amostra	Indivíduos por metro quadrado (ind.m²)	Categoria de Classificação	(∑ 9 Monólitos)
SAF	6,22	155,5	MUITO BOM	56
Horta	4,5	112,5	BOM	41
Lavoura	0,00	0,00	POBRE	0
Mata	1,11	27,5	POBRE	10

Fonte: Adaptado de Protocolo para amostragem quantitativa de minhocas Bartz *et al.,* (2024).

Foram coletados, ao todo, 107 minhocas nos quatro sistemas avaliados. O Sistema Agroflorestal (SAF) apresentou a maior abundância total, com 56 indivíduos, seguido da Horta, com 41 indivíduos. Em contraste, a Mata apresentou apenas 10 indivíduos, enquanto na Lavoura não foram encontradas minhocas nas amostragens (Tabela 3).

Em relação ao número médio de indivíduos por amostra, o SAF apresentou o maior valor (6,22 indivíduos amostra^{-1}), seguido pela Horta (4,50 indivíduos amostra^{-1}). A Mata apresentou média de apenas 1,11 indivíduos amostra^{-1}, enquanto a Lavoura registrou ausência total de indivíduos.

Quando extrapolados para m2, a densidade de minhocas foi de 155,5 ind.m^{-2} no SAF, 112,5 ind.m^{-2} na Horta, 27,5 ind.m^{-2} na Mata e 0 ind.m^{-2} na Lavoura. De acordo com os critérios de classificação da qualidade biológica do solo propostos por Bartz *et al.* (2024), áreas com média superior a oito indivíduos por amostra são classificadas como "Excelente"; entre seis e

oito indivíduos, "Muito Bom"; entre quatro e seis indivíduos, "Bom"; entre dois e quatro indivíduos, "Moderado"; e inferiores a dois indivíduos por amostra, "Pobre". Com base nesses critérios, o SAF foi classificado como "Muito Bom", pois apresentou média de 6,22 indivíduos por amostra, enquanto a Horta foi enquadrada na categoria "Bom", com média de 4,50 indivíduos por amostra. Por outro lado, a Mata (1,11 indivíduos por amostra) e a Lavoura (0,00 indivíduos por amostra) foram classificadas como "Pobre", uma vez que apresentaram valores inferiores ao limite mínimo de dois indivíduos por amostra estabelecido pelo protocolo.

Tabela 4 – Abundância da macrofauna (número de indivíduos m²) e frequência relativa (%) dos organismos coletados pelo método Funil de Berlese nos diferentes usos do solo.

GRUPO TAX.	CLASSE	ORDEM	HORTA	SAF	LAVOURA	MATA
			INDIVÍDUOS POR M²			
Hymenoptera	Insecta	Hymenoptera	58 (100%)	0	20 (100%)	59 (33,3%)
Araneae	Arachnida	Araneae	0	0	0	39 (22,0%)
Chilopoda	Chilopoda	Geophilomorpha	0	20 (100%)	0	0
Diptera	Insecta	Diptera	0	0	0	20 (11,3%)
Coleoptera	Insecta	Coleoptera	0	0	0	59 (33,3%)
Total Mesofauna	-	-	58	20	20	177

Fonte: Adaptado de Manual de Biologia do Solo: Amostragem e características da macro e mesofauna do solo (2025).

5.2 AVALIAÇÃO DA MESOFAUNA DO SOLO PELO MÉTODO FUNIS DE BERLESE

Na tabela 3 mostra-se o número médio de indivíduos observados em cada área (média de 9 monólitos) e a consequente extrapolação para indivíduos por m².

Tabela 5 – Abundância da mesofauna (número de indivíduos m-2) e frequência relativa (%) dos organismos coletados pelo método Funil de Berlese nos diferentes usos do solo.

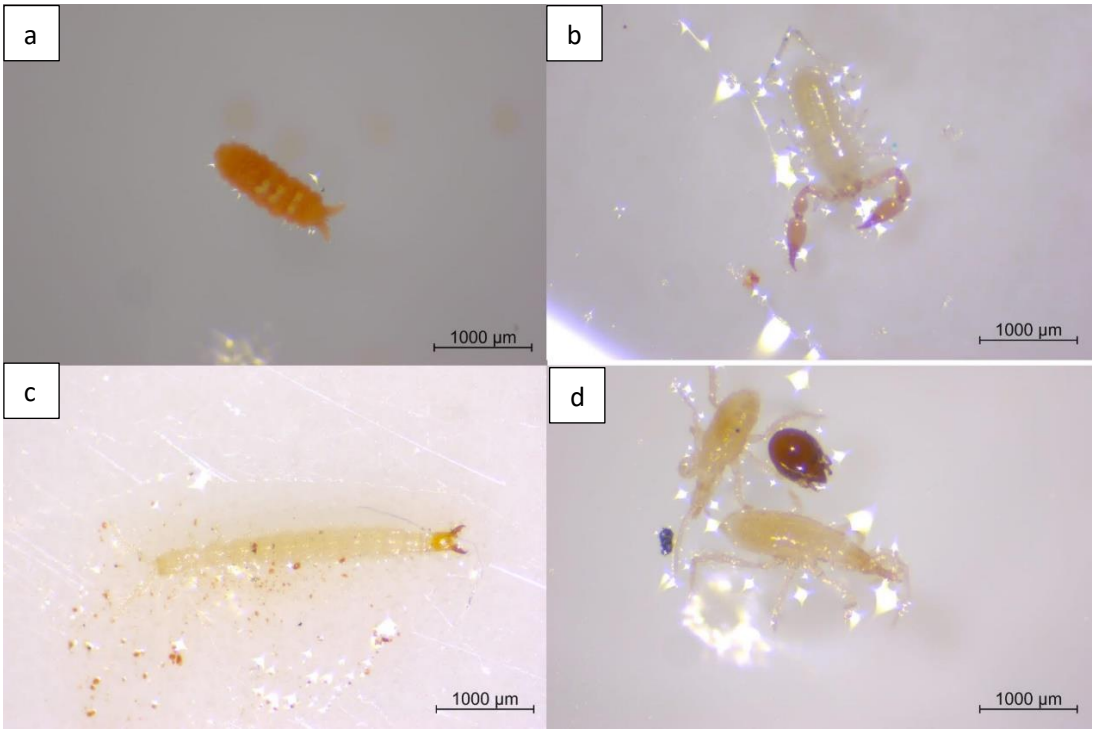
GRUPO TAX.[6]	CLASSE	ORDEM	HORTA	SAF	LAVOURA	MATA
			INDIVÍDUOS POR M²			
Ácaros	Arachnida	Acari	3080 (80,2%)	470 (70,6%)	862 (60.3%)	587,4 (71,3%)
Colêmbolos	Collembola	Entomobryomorpha	663 (17,3%)	78 (11,7%)	372 (26,0%)	157 (19,1%)
Dipluros	Entognatha	Diplura	39 (1,0%)	78 (11,7%)	157 (11,0%)	20 (2,4%)
Enquiterídeos	Clitellata	Enchytraeida	39 (1,0%)	20 (3,0%)	0	0
Pseudoescorpiões	Arachnida	Pseudoscorpiones	0	0	39 (2,7%)	39 (4,7%)
Proturos	Entognatha	Protura	19 (0,5%)	20 (3,0%)	0	0

[6]Os organismos foram identificados até os níveis taxonômicos de Classe e Ordem, conforme descrito no Manual de Biologia do Solo (Brown *et al.,* 2025).

Thysanoptera	Insecta	Thysanoptera	0	0	0	20 (2,4%)
Total Macrofauna	-	-	3840	666	1430	823,4

Fonte: Adaptado de Manual de Biologia do Solo: Amostragem e características da macro e mesofauna do solo (2025).

Figura 6 - Principais organismo encontrado na mesofauna. a) Colêmbolo, b) Peseudoescorpião, c) Diplura, d) Ácaros decompositor e predador



Fonte: Próprio autor, (2026)

A composição da mesofauna do solo variou entre os diferentes sistemas de manejo avaliados (Tabela 5). No total, a Horta apresentou a maior abundância de organismos, com 3.840 indivíduos m², seguida pela Lavoura (1.430 indivíduos m²), Mata (823,4 indivíduos m²) e SAF (666 indivíduos m²).

Em todos os sistemas avaliados, os ácaros constituíram o grupo taxonômico predominante, representando 80,2% dos indivíduos na Horta, 70,6% no SAF, 60,3% na Lavoura e 71,3% na Mata. Os colêmbolos (Entomobryomorpha) corresponderam ao segundo grupo mais abundante, apresentando frequências relativas de 17,3% na Horta, 11,7% no SAF, 26,0% na Lavoura e 19,1% na Mata.

A Horta apresentou elevada dominância de ácaros e colêmbolos, os quais juntos representaram aproximadamente 92,8% dos organismos amostrados. Além desses grupos, foram

registrados himenópteros, dipluros, enquitreídeos e proturos, porém em baixas frequências relativas.

No SAF, observou-se menor abundância total de organismos em comparação aos demais sistemas, sendo os ácaros responsáveis por mais de dois terços dos indivíduos coletados. Além disso, foram registrados colêmbolos, dipluros, proturos e enquitreídeos demonstrando a presença de diferentes grupos da mesofauna.

Na Lavoura, apesar da menor diversidade de grupos taxonômicos, verificou-se elevada abundância de ácaros e colêmbolos, que juntos corresponderam a aproximadamente 85% dos organismos coletados. Também foram observados dipluro e pseudoescorpiões em menores proporções.

A Mata apresentou uma composição mais diversificada da mesofauna, com ocorrência de ácaros, colêmbolos, pseudoescorpiões, Thysanoptera e dipluros. Neste ambiente é vista uma composição maior de indivíduos, reflexões de um local com nenhuma intervenção antrópica.

De maneira geral, os ácaros e colêmbolos foram os grupos dominantes em todos os sistemas de manejo avaliados, representando a maior parcela dos organismos coletados. Esses resultados evidenciam diferenças na estrutura da comunidade da mesofauna entre os ambientes estudados, refletindo a influência do uso e manejo do solo sobre a abundância e composição dos organismos edáficos.

Figura 7 - Extração da mesofauna pelo método de Berlese



Fonte: Próprio autor, (2026)

5.3 AVALIÇÃO QUÍMICA DO SOLO

As características químicas e o teor de argila do solo referente aos quatro sistemas de cultivo, Horta, SAF. Lavoura e Mata estão apresentadas na (tabela 6).

Tabela 6. Caracterização de atributos químicos e físicos do solo sobre os diferentes sistemas (horta, SAF, lavoura e mata) na camada 0-10.

DETERMINAÇÃO	**UNIDADE**	**TEOR**			
		Horta	SAF	Lavoura	Mata
Ph em água	cmol/dm³	5,79	5,715	5,65	6,22
Matéria orgânica	g/dm³	34,60	37,03	26,49-	40,25
Cálcio	cmol/dm³	4,60	8,30	8,23	15,55

Magnésio	cmol/dm³	1,84	2,44	1,790	3,70
Potássio	Cmol/dm³	1,06	1,33	1,41	0,86
Fósforo Mehlich 1	mg/dm³	10,44	9,53	16,09	17,37
Saturação de bases	V%	70,80	73,36	71,70	88,98
Saturação por alumínio	%	0	0	0	0
Enxofre	mg/dm³	12,95	8,44	7,64	15,34
Boro	mg/dm³	0,49	0,41	0,46	0,64
Cobre	mg/dm³	10,98	11,66	12,26	9,41
Ferro	mg/dm³	118,14	161,05	147,08	100,26
Manganês	mg/dm³	369,81	260,35	254,29	499,39
Zinco	mg/dm³	7,05	10,08	7,05	24,08
Areia	%	24,25	26,75	25,25	32,75
Silte	%	25,25	34,00	28,00	31,00
Argila	%	50,50	39,25	46,75	36,25

Fonte: Adaptado de Aires *et al.* (2024)

Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados a partir da média de quatro amostras compostas coletadas em cada ambiente avaliado (horta, sistema agroflorestal SAF, lavoura e mata). As análises foram realizadas pelo Laboratório Laborsolo do Brasil, seguindo metodologias preconizadas pela Embrapa (2009) e pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC, 2001).

Os resultados evidenciaram solos com reação levemente ácida a próxima da neutralidade, apresentando valores de pH entre 5,65 e 6,22. Os teores de matéria orgânica variaram de 26,49 a 40,25 g dm^{-3}, sendo considerados médios a altos, com destaque para a mata e o sistema agroflorestal.

Os teores de cálcio foram elevados em todos os ambientes, especialmente na mata (15,55 cmolc dm^{-3}), indicando elevada fertilidade química. Os teores de magnésio variaram entre médios e altos, enquanto o potássio apresentou valores elevados em todos os sistemas avaliados. Os teores de fósforo disponível variaram de 9,53 a 17,37 mg dm^{-3}, sendo classificados como médios a altos.

A saturação por bases apresentou valores entre 70,8% e 89,0%, indicando alta fertilidade e boa disponibilidade de cátions básicos. A saturação por alumínio foi nula em todos os ambientes, evidenciando ausência de limitações por toxicidade de alumínio.

Entre os micronutrientes, os teores de enxofre foram considerados adequados a altos. O boro apresentou valores médios, enquanto cobre, ferro, manganês e zinco ocorreram em concentrações elevadas, sobretudo na área de mata, que apresentou os maiores teores de manganês e zinco.

Quanto aos atributos físicos, os solos apresentaram predominância de textura argilosa a, com teores de argila variando entre 36,25% e 50,50%, condição que favorece maior retenção de água, nutrientes e matéria orgânica.

5.4 DISCUSSÃO

O SAF destacou-se pela maior densidade de minhocas, principalmente a lavoura com manejo convencional (Tabela 3), indicando que agroecossistemas mais diversificados contribuem para o aumento da presença das engenheiras do agroecossistema, indicando condições edáficas favoráveis. Segundo Aires *et al.* (2024) esse padrão está associado à alta ciclagem de nutrientes, o acúmulo de matéria orgânica e menor perturbação antrópica, características típicas de sistemas agroflorestais. Além disso atividade de minhocas criam bioporos no solo facilitando a infiltração de água, aeração e deslocamento de organismo na fauna edáfica do solo como bem-visto na tabela 5, onde possui uma gama de organismo que ali se deslocam (Barreta *et al.,* 2011). A presença de estratos vegetais diversificados proporciona micro-habitat estáveis, essenciais para a estabilidade populacional desses organismos, Lavelle *et al.* (2026) abordam que as minhocas têm uma grande integração com os sistemas radiculares das plantas, criando micro agregados estáveis no solo e melhoria na estrutura do solo. Os elevados teores de matéria orgânica encontrada nos atributos químicos (tabela 6), contribuem para a presença de minhocas.

A horta apresentou valores elevados, porém inferiores ao SAF. A aplicação de adubos orgânicos e a manutenção da cobertura do solo explicam essa tendência, pois criam ambientes propícios para a atividade das minhocas. Contudo, a menor riqueza em comparação ao SAF sugere que o manejo mais intensivo (ex.: revolvimento periódico) pode limitar a colonização.

A ausência total de minhocas na lavoura evidencia os impactos negativos da agricultura convencional. Uso de agrotóxicos, revolvimento frequente do solo e remoção da palhada eliminam habitats e fontes de alimento, inviabilizando a sobrevivência desses organismos. Nos mesmos estudos de Aires et *al.,* (2024) e Barreta *et al*., (2011) Esse resultado alerta para a degradação biológica associada a práticas intensivas, tendo uma grande perda da diversidade

edáfica do agroecossistema. Segundo Steffen *et al.,* (2022) todo agroecossistema que é perturbado tende-se a redução da qualidade biológica do solo, resultando em danos significativos nos processos biogeoquímicos do solo. Comparando conjuntamente com a mesofauna também é observa que a lavoura possui menos diversidade taxonômica comparando aos demais tratamentos, tendo mais influência de dois organismos ácaro e colêmbolo (tabela 5). Esses resultados evidenciam que propriedades cujo manejo convencional tende-se a ter uma menor diversidade biológica, da macro e mesofauna do solo, comprometendo os processos ecológicos essências relacionadas à manutenção da qualidade do solo.

Apesar de ser um ambiente conservado, embora a mata tenha apresentado densidade inferior ao SAF e à Horta, os valores observados encontram-se dentro da faixa reportada para diversos ecossistemas florestais brasileiros. Porém deve-se destacar que ficou baixa na classificação de Bartz *et al.,* (2024), por que é observado que o número de indivíduos por metros quadrado é alto, tendo uma expressa abundância 27,5 m² (tabela 3). Nos trabalhos de Santos *et al.* (2018) as florestas estacionarias apresentaram números médios de 27 e 21 (n° ind m²). Bartz *et al.* (2013) encontraram um número médio de 10 a 285 (n° ind m²). Desta forma é correto afirmar que abundância de minhocas na mata ficou nos padrões médios encontrados em outros trabalhos de avaliação de qualidade biológica do solo. Dessa forma, a avaliação da qualidade biológica do solo em áreas de mata não deve basear-se exclusivamente na abundância de minhocas. A utilização conjunta de diferentes indicadores biológicos, incluindo riqueza taxonômica, diversidade da mesofauna e atributos químicos do solo, permite uma interpretação mais abrangente da funcionalidade ecológica desses ambientes.

De forma geral os resultados demostram que sistemas onde possuem maior diversidade vegetal e menor intensidade de perturbação, favorecem a presença de minhocas como o SAF. Em contrapartida sistemas convencionais promove redução da biodiversidade edáfica como é observado na lavoura. A mata apresentou valores intermediários de minhocas, compatível com outros resultados encontrados nos ecossistemas florestais, reforçando a ideia de utilizar outros indicativos biológicos de qualidade de solo.

Entre os 7 organismos encontrado na mesofauna (tabela 5) e os 5 encontrados na macrofauna (tabela 4) do solo os grupos mais representativos foi de Ácaros e colêmbolos, resultados que também foi encontrado no trabalho de Oliveira *et al.,* (2025) tendo em vista que são mais abundantes da mesofauna, possuindo papel crucial na fauna edáfica do solo, bem como na fertilidade do solo e no controle de pragas. Segundo Barreta *et al*., (2011) esses organismos também se alimentam de fungos, algas e da matéria orgânica em decomposição nas primeiras camadas do solo. Barreta *et al*., (2011) Afirma que o principal predador de colêmbolos são os

ácaros besouros e aranhas, desta forma pode-se afirmar que o ambiente onde estarão os colêmbolos, possivelmente vai ter a presença de ácaros.

A horta destacou-se pela elevada atividade biológica do solo, apresentando alta abundância de ácaros e colêmbolos, conforme observado na Tabela 5. Esses organismos são amplamente reconhecidos como importantes bioindicadores da qualidade do solo, devido à sua participação nos processos de decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Barreta *et al.,* 2011). O manejo adotado na área contribui para a ocorrência desses grupos, principalmente em função da adição constante de matéria orgânica, o que proporciona condições favoráveis ao desenvolvimento da fauna edáfica e ao funcionamento dos processos biológicos do solo.

Entretanto, embora a horta tenha apresentado a maior abundância de organismos entre os tratamentos avaliados, a elevada abundância não implica necessariamente maior equilíbrio ecológico do sistema, uma vez que a estabilidade ambiental também está relacionada à diversidade e à complexidade das interações biológicas presentes no ecossistema (Nascimento *et al.,* 2025). As condições químicas favoreceram também a presença desses organismos.

Além disso, o sistema horta caracteriza-se por intenso manejo antrópico, porém baseado em práticas agroecológicas, com utilização de insumos biológicos registrados e ausência de agroquímicos sintéticos. Essas condições favorecem a manutenção da fauna do solo, reduzindo potenciais impactos negativos sobre os organismos edáficos. Dessa forma, a combinação entre aporte de matéria orgânica, cobertura do solo e manejo fitossanitário de base biológica pode explicar a elevada abundância de ácaros e colêmbolos observada nesse ambiente.

A mata apresentou menor abundância total de organismos em comparação à horta, porém destacou-se pela maior diversidade de grupos taxonômicos registrados. Esse resultado pode estar relacionado à reduzida interferência antrópica no ambiente, favorecendo a manutenção de diferentes nichos ecológicos e de uma comunidade edáfica mais complexa. Conforme observado na Tabela 3, a ocorrência de organismos predadores, como aranhas (Araneae) e coleópteros (Coleoptera), evidencia a existência de diferentes níveis tróficos no ecossistema. Resultados semelhantes foram observados por Nascimento *et al.* (2025), que associaram a presença de maior diversidade funcional da fauna do solo a ambientes ecologicamente mais equilibrados.

Dessa forma, mesmo apresentando menor abundância quando comparada à horta, a mata demonstrou maior equilíbrio ecológico, refletido pela diversidade de grupos e pela presença de organismos com diferentes funções ecológicas. Destaca-se também a ocorrência de

Hymenoptera, grupo que, segundo Barreta *et al.* (2011), pode estar associado às características químicas e biológicas do solo, especialmente em ambientes com maior disponibilidade de matéria orgânica. Nesse sentido, os teores de matéria orgânica e potássio observados na Tabela 6 podem ter contribuído para a ocorrência desses organismos no ambiente florestal.

Conforme observado na Tabela 5, a ocorrência de dipluros foi mais expressiva na lavoura em comparação aos demais tratamentos. Esse resultado sugere que as condições ambientais presentes nesse sistema favoreceram a ocorrência desse grupo. Entretanto, a predominância de poucos grupos taxonômicos e a menor diversidade observada na área podem indicar uma comunidade edáfica menos complexa quando comparada aos ambientes mais conservados, como a mata (Nascimento *et al.,* 2025).

A lavoura apresentou menor estabilidade ecológica em relação à mata, fato evidenciado pela menor diversidade de organismos observada. Apesar disso, verificou-se elevada abundância de ácaros e colêmbolos, grupos frequentemente reportados como dominantes na mesofauna do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Chies (2019), que também registrou elevada ocorrência desses organismos em áreas agrícolas. A presença desses grupos pode estar relacionada à disponibilidade de matéria orgânica no solo, conforme observado na Tabela 6, uma vez que esse atributo influencia diretamente a disponibilidade de recursos alimentares e a permanência dos organismos edáficos no ambiente.

A agrofloresta apresentou menor abundância total de organismos quando comparada aos demais tratamentos. Entretanto, registrou maior diversidade de grupos taxonômicos em relação à horta e à lavoura, evidenciando uma comunidade edáfica mais diversificada. É importante destacar que a abundância de organismos, isoladamente, não constitui um indicador suficiente para determinar o equilíbrio ecológico de um sistema, sendo necessário considerar também aspectos relacionados à diversidade e funcionalidade da fauna do solo (Nascimento *et al.,* 2025).

Embora o Sistema Agroflorestal (SAF) possua aproximadamente sete anos de implantação, observou-se a presença de diferentes grupos da fauna edáfica, indicando condições favoráveis ao estabelecimento desses organismos. Além disso, conforme observado na Tabela 6, a área apresentou atributos que podem favorecer a atividade biológica do solo. Os resultados da macrofauna também reforçam essa condição, uma vez que o SAF apresentou a maior abundância de minhocas entre os tratamentos avaliados.

Destaca-se ainda a ocorrência de Chilopoda exclusivamente nesse ambiente. Segundo Barreta *et al.* (2011), organismos desse grupo são frequentemente encontrados em áreas com elevada disponibilidade de cobertura vegetal e acúmulo de resíduos orgânicos, condições que favorecem a manutenção da umidade, a oferta de abrigo e a disponibilidade de recursos alimentares para a fauna do solo.

Os resultados obtidos evidenciam que os diferentes tipos de manejo adotados nas áreas avaliadas influenciam diretamente a composição e a estrutura das comunidades da macro e mesofauna do solo. Sistemas submetidos a menor intensidade de perturbação, como a mata nativa e o Sistema Agroflorestal (SAF), tendem a apresentar maior diversidade biológica, favorecendo o estabelecimento e a manutenção dos organismos edáficos. Em contrapartida, sistemas submetidos a práticas de manejo mais intensivas, caracterizadas pelo uso de grade aradora, revolvimento frequente do solo e aplicação de agroquímicos, tendem a apresentar menor diversidade biológica, como observado na área de lavoura.

Na horta, embora ocorra revolvimento do solo durante as práticas de manejo, foi observada maior abundância de organismos quando comparada aos demais tratamentos. Esse resultado pode estar relacionado ao histórico de uso da área, que passou por período de pousio, bem como à adoção da rotação de culturas, práticas que contribuem para a manutenção da matéria orgânica, diversificação dos recursos alimentares e melhoria das condições ambientais para o desenvolvimento da fauna edáfica.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que os diferentes sistemas de manejo exercem influência sobre a abundância e a composição da fauna edáfica, evidenciando que a qualidade biológica do solo não está relacionada exclusivamente à sua fertilidade química, mas também às condições ambientais proporcionadas pelas práticas de manejo. Nesse contexto, o Sistema Agroflorestal (SAF) apresentou o melhor resultado em relação à população de minhocas, registrando 56 indivíduos nas nove amostragens, com média de 6,22 indivíduos por monólito e densidade estimada de 155,5 indivíduos m^{-2}, sendo classificado como de qualidade biológica "Muito Bom", conforme os critérios de Bartz *et al.* (2024).

O desempenho do SAF pode estar relacionado à combinação de fatores proporcionados pelo sistema, como a presença de diferentes espécies vegetais, a diversificação da cobertura do solo, o aporte contínuo de resíduos orgânicos e a menor frequência de intervenções mecânicas. Essas condições podem favorecer a disponibilidade de alimento, a manutenção da umidade e a formação de ambientes mais estáveis para o desenvolvimento da fauna edáfica. Além disso, o teor de matéria orgânica de 37,03 g dm^{-3}, superior ao observado na Horta e na Lavoura, constitui uma característica relevante para compreender o ambiente encontrado nesse sistema. Entretanto, considerando o caráter observacional da pesquisa, esses fatores devem ser compreendidos como possíveis explicações para os resultados, e não como relações causais comprovadas.

A Horta, por sua vez, apresentou a maior abundância de mesofauna, com 3.840 indivíduos m^{-2}, destacando-se pela expressiva ocorrência de ácaros e colêmbolos. Esse resultado demonstra que sistemas de produção com rotação de culturas e aporte de matéria orgânica também podem proporcionar condições favoráveis à atividade biológica do solo, mesmo quando submetidos a intervenções periódicas de manejo. Portanto, a maior abundância de minhocas no SAF não representa, necessariamente, uma superioridade em todos os componentes da fauna edáfica, mas evidencia respostas distintas dos grupos biológicos às condições de cada ambiente.

A Mata apresentou menor abundância de minhocas e de mesofauna em comparação à Horta, porém registrou maior ocorrência de grupos da macrofauna, como aranhas, coleópteros e himenópteros. Esse resultado reforça a importância de considerar não apenas a quantidade de organismos, mas também a composição das comunidades biológicas na avaliação da qualidade do solo. Já a Lavoura apresentou ausência de minhocas nas amostragens e menor diversidade

de grupos da macrofauna, além de elevada dominância de ácaros e colêmbolos na mesofauna. Embora não seja possível atribuir esses resultados exclusivamente às práticas agrícolas adotadas, eles apontam para a necessidade de investigar os efeitos da simplificação dos sistemas de cultivo e das intervenções frequentes sobre a organização das comunidades edáficas.

A caracterização química demonstrou que os quatro ambientes apresentaram condições relativamente favoráveis de fertilidade, com ausência de saturação por alumínio e valores de saturação por bases superiores a 70%. Entretanto, essas condições não corresponderam, necessariamente, a maiores populações de organismos edáficos. A Lavoura, por exemplo, apresentou valores de fósforo e potássio superiores aos do SAF, mas não foram encontradas minhocas nesse ambiente. Essa diferença evidencia que a fertilidade química, quando avaliada isoladamente, não é suficiente para caracterizar a qualidade biológica do solo, sendo necessário incorporar indicadores relacionados à abundância, à diversidade e à composição da fauna edáfica.

Do ponto de vista científico, este estudo contribui para ampliar a compreensão das relações entre sistemas de manejo e qualidade biológica do solo, especialmente em áreas de Reforma Agrária, onde diferentes estratégias de produção coexistem em um mesmo território. A comparação entre SAF, Horta, Lavoura e Mata permitem identificar respostas distintas da fauna edáfica aos ambientes avaliados e demonstra a importância de utilizar indicadores biológicos em conjunto com atributos químicos e físicos para uma avaliação mais abrangente da qualidade do solo. Destaca-se, nesse sentido, a população de minhocas como um indicador sensível às diferenças entre os sistemas estudados, enquanto a composição da mesofauna e da macrofauna complementa a interpretação das condições ecológicas de cada ambiente.

Conclui-se que o SAF apresentou o resultado mais expressivo quanto à abundância de minhocas, possivelmente associado à maior diversificação vegetal, ao aporte de matéria orgânica e à menor intensidade de intervenções no solo. Esse resultado evidencia o potencial dos sistemas agroflorestais como estratégias de manejo capazes de favorecer a conservação e a qualidade biológica dos solos em áreas de produção agrícola. Entretanto, os resultados também demonstram que não existe um único indicador capaz de representar integralmente a complexidade biológica do solo, reforçando a necessidade de avaliações integradas e de estudos de acompanhamento ao longo do tempo para compreender a evolução desses sistemas e subsidiar estratégias de manejo agroecológico.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel A. **Agroecologia:** a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara I. Agroecology: principles for the conversion and redesign of farming systems. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, London, v. 41, n. 3-4. 2017.

ARAÚJO, R. R.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5. 2007.

Advanced Life Support Group. **Acute medical emergencies:** the practical approach**.** London: BMJ Books; 2001.

AIRES, Francisco Péricles Galúcio *et al.* Ocorrência e densidade de macrofauna em sistema orgânico e convencional no município de Rorainópolis - Roraima. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 17, n. 1, 2024

ATLAS dos agrotóxicos: fatos e dados do uso dessas substâncias na agricultura. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2023.

ALMEIDA, L. M.; RIBEIRO-COSTA, C. S. R.; MARINONI, L. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos.** Ribeirão Preto: Holos, (Série Manuais Práticos em Biologia.)

AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; QUEIROZ, J. M. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda ("Pitfall-Traps"). **Seropédica**, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2006.

Araújo *et al.,* METABOLISMO SOCIOECONÔMICO (MSE): CONSTRUÇÃO CONCEITUAL E CONVERGÊNCIA COM A ECONOMIA ECOLÓGICA (EE). **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**. Vol. 31, 2019.

Agroecologia - Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/politicas/agroecologia>.

ANA PRIMAVESI. **A Vida do Solo - Original**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5CP0xYOLEcM>. Acesso em: 18 abr. 2026.

ARAÚJO, E. et al. **The use of geotechnology to characterize coffee crops in Londrina-PR for altimetry, slope and soil type**. 2013. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/262507669_The_use_of_geotechnology_to_characterize_coffee_crops_in_LondrinaPR_for_altimetry_slope_and_soil_type. Acesso em: 07 junh. 2026.

BALBINO, L. C. *et al.* Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: estratégia de produção sustentável. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 4, 2011.

BARETTA, Dilmar. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, 2010.

BARETTA, Dilmar *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, Á. L.; GATIBONI, L. C. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

BARTZ, M.LC., Dudas, R., Demetrio, W.C., Brown, G.G. **Earthworms as health indicators in no-tillage agroecosystems,** European Journal of Soil Biology, 2024.

BARTZ, Marie Luise Carolina; PASINI, Amarildo; BROWN, George Gardner. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 69, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.01.011.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **The nature and properties of soils**. 15. ed. New York: Pearson, 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf Agroecologia**. Brasília: MDA, 2012.

BACHELIER, G. ´**La faune des sols, son écologie et son action**`: Initiations at Documents Techniques. Paris: ORSTON, 1978.

CAPORAL, Francisco R.; COSTABEBER, José A. Agroecologia e sustentabilidade: base conceitual para uma nova extensão rural. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, 2004.

CARDOSO, E. J. B. N. *et al.* **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2013.

CHIES, Jacir João. **Diagnóstico da qualidade do solo em áreas sob produção agroecológica de sementes a partir da percepção dos agricultores**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019

DEMETRIO, Wilian Carlo *et al.* **Manual de biologia do solo:** amostragem e características da macro e mesofauna do solo. 1. ed. Londrina, PR: Editora Madrepérola, 2025. 85 p. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15934158. Disponível em: PDF. Acesso em: 30 jun. 2026.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agroecologia:** princípios e práticas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa, 2019.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

ERASTUS, W. et al. Plant–Soil Microbe Interactions' Effects on CO2 Emissions, Soil Organic Carbon and Nutrients Under Different Tillage Systems. **Agriculture**, Basel, v. 16, n. 4, 2026.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas: IAC, 2001.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soil organic carbon: the hidden potential. Rome: **FAO**, 2017.

FERNANDES, S. A. P. et al. Qualidade do solo em sistemas agroecológicos no Paraná. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, 2019.

FERNANDA. **Governo lança Plano Safra para o agronegócio e a agricultura familiar nesta quarta (3) - MST**. Disponível em: <https://mst.org.br/2024/07/03/governo-lanca-plano-safra-para-o-agronegocio-e-a-agricultura-familiar-nesta-quarta-3/>.

Ferrovia de Integração Centro-Oeste afetará 24 terras indígenas em Mato Grosso e Rondônia | Acervo | ISA. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/acervo/noticias/ferrovia-de-integracao-centro-oeste-afetara-24-terras-indigenas-em-mato-grosso-e>. Acesso em: 14 abr. 2026.

GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecology**: ecology of sustainable food systems. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.

HUNGRIA, Mariangela; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, 2015.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change and Land: an IPCC special report. Geneva: **IPCC**, 2019.

OLIVEIRA, W. P. M. *et al***. Mesofauna do solo em cultivos de café no município de Planalto, no Estado da Bahia.** In: ENCONTRO NACIONAL DO CAFÉ, 16.; AGROTECH BAIANO, 2., 2025, Barra do Choça. Anais... Barra do Choça: Fazenda Vidigal, 2025. p. 105-108.

KÖPPEN BRASIL**. Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros.** Disponível em: https://koppenbrasil.github.io/. Acesso em: 4 mai. 2026.

LAVELLE, Patrick *et al.* Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 42, n. 1, 2006.

LAVELLE, Patrick *et al.* Ecosystem Engineers in a Self-organized Soil: A Review of Concepts and Future Research Questions. **Soil Science**, [S. l.], v. 181, n. 3/4, 2016.

LOSS, Arcângelo *et al.* Atributos químicos e físicos de Latossolo em sistema agroecológico de produção. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, 2014.

Lopes, M. C. de A., Costella, I.., Signor, A.., Feiden, A., & Ahlert, A. ENTRE O "AGRO POP" E A AGRICULTURA FAMILIAR: UM BREVE RETRATO DO CENÁRIO AGROALIMENTAR BRASILEIRO. **Revista Grifos,** 2023.

MACHADO, C. T. T.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa, 2010.

MARTINS, C. S. *et al.* Adubação verde e qualidade do solo em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, 2017.

MARTINS, A.F.C. **O Desenvolvimento do Capitalismo na Agricultura e a Exploração do Trabalho Camponês.** 1. Edição. São Paulo. 2025.

MONTAGNINI, Florencia; NAIR, P. K. Agroforestry and biodiversity conservation. **Agroforestry Systems**, **Dordrecht**, v. 61, n. 1, 2004.

MOVIMENTO DOS TRBALHADORES RURAIS SEM TERRA (MST). **O que é o Latifúndio**. 2026. Disponível em: <https://mst.org.br/nossa-historia/inicio/>.

NICHOLLS, Clara I.; ALTIERI, Miguel A. Bases agroecológicas para o manejo de sistemas agrícolas resilientes. **Revista Agroecologia**, Madrid, v. 13, n. 1, 2018.

NASCIMENTO, Marcos Vinícius Pereira do; MONROE, Paulo Henrique Marques; BARRETO-GARCIA, Patrícia Anjos Bittencourt. **Comunidade da fauna edáfica correlacionada com a serapilheira em sistemas de cultivo de café.** In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UESB, 29., 2025.

PARRON, L. M. *et al.* **Serviços ambientais em sistemas agroflorestais**. Brasília: Embrapa, 2015.

PEREIRA, D. C. *et al.* Práticas conservacionistas e qualidade do solo em propriedades familiares. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 61, n. 1, 2018.

PEREIRA, Nayana Alves. Macrofauna edáfica: qual a influência na fertilidade e manejo sustentável do solo? **Blog Agroadvance**, [S. l.], 18 nov. 2024. Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-macrofauna-edafica-do-solo/. Acesso em: 30 jun. 2026.

PIGNATI, Wanderlei A. *et al.* Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: saúde pública e ambiente. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, 2017.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

PRIMAVESI, Ana. **Manual do Solo Vivo: Solo Sadio, Planta Sadia, Ser Humano Sadio.** São Paulo: Expressão Popular, 2016.

PEDRO, Alessandro Medeiros *et al.* IMPACTOS DOS AGROTÓXICOS NA SAÚDE HUMANA E NO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO DE LITERATURA. **Saúde em Debate**, [S. l.], v. 22, n. 81, 2025.

ONU. **Comércios de commodities agrícolas: Impactos e desafios para a Sustentabilidade no brasil.** Reportagem. 2023.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Efeitos da adubação orgânica sobre atributos físicos e químicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, 2007.

RIEFF, Gleidson Gimenes. **Dinâmica dos ácaros e colêmbolos edáficos e seu potencial como bioindicadores da qualidade do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo.** 2014. 137 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVA, C. F. et al. Diversidade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 45, n. 1, 2021.

SANTOS, Alessandra *et al*. **Minhocas como biondicadoras da qualidade do solo em ecossistemas na Embrapa Clima Temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018.

SOUZA, D. M. *et al.* Qualidade do solo em sistemas convencionais e agroecológicos no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 51, n. 3, 2020.

STEFFEN, Gerusa Pauli Kist *et al.* Fauna edáfica nos processos biodinâmicos do solo. In: **Biologia, microbiologia e bioquímica do solo**. [S. l.: s. n.], 2022.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e carbono orgânico do solo em sistemas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, 2011.

In**stituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**; Disponível em; Londrina (PR) | Cidades e Estados | IBGE acessado em; 30 de abril de 2025

O que é agricultura industrial? | **Wikifarmer**. Disponível em: <https://wikifarmer.com/library/pt-br/article/o-que-e-agricultura-industrial>.