



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA**

MARCELA FERNANDA SILVA MARTINS

**COMPOSTO ORGÂNICO COMO CONDICIONADOR DE SOLO PARA
CONTROLE DE FITONEMATOIDES NA INTEGRAÇÃO DE SOJA E PASTAGEM
SAFRINHA**

Presidente Prudente - SP

2025



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA**

MARCELA FERNANDA SILVA MARTINS

**COMPOSTO ORGÂNICO COMO CONDICIONADOR DE SOLO PARA CONTROLE
DE FITONEMATOIDES NA INTEGRAÇÃO DE SOJA E PASTAGEM SAFRINHA**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. - Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Fernando de Araújo

Presidente Prudente – SP

2025

Catálogo Internacional de Publicação (CPI)

632.65
M379c

Martins, Marcela Fernanda Silva

Composto orgânico como condicionador de solo para controle de fitonematoides na integração de soja e pastagem safrinha / Marcela Fernanda Silva Martins. -- Presidente Prudente, 2025.

82 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2025.

Bibliografia.

Orientador: Fabio Fernando de Araújo

1. Atividade microbiana. 2. Biodiversidade. 3. *Glycine max.* I.
Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “COMPOSTO ORGÂNICO COMO CONDICIONADOR DE SOLO PARA CONTROLE DE FITONEMATOIDES NA INTEGRAÇÃO DE SOJA E PASTAGEM SAFRINHA”

AUTOR(A): MARCELA FERNANDA SILVA MARTINS

ORIENTADOR(A): Prof. Dr. FABIO FERNANDO DE ARAÚJO

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FABIO FERNANDO DE ARAÚJO (orientador)

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Profa. Dra. RITA DE CÁSSIA LIMA MAZZUCHELLI

UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Prof. Dr. GELCI CARLOS LUPATINI

UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Dracena/SP

Data da realização: Presidente Prudente, 27 de junho de 2025.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “COMPOSTO ORGÂNICO COMO CONDICIONADOR DE SOLO PARA CONTROLE DE FITONEMATOIDES NA INTEGRAÇÃO DE SOJA E PASTAGEM SAFRINHA”

AUTOR(A): MARCELA FERNANDA SILVA MARTINS

ORIENTADOR(A): Prof. Dr. FABIO FERNANDO DE ARAÚJO

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FABIO FERNANDO DE ARAÚJO (orientador)

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Profa. Dra. RITA DE CÁSSIA LIMA MAZZUCHELLI

UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Prof. Dr. GELCI CARLOS LUPATINI

UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Dracena/SP

Data da realização: Presidente Prudente, 27 de junho de 2025.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a Deus, fonte inesgotável de força e inspiração, pela graça que me sustentou em cada etapa desta jornada, iluminando meu caminho e fortalecendo minha fé nos momentos.

À minha família, pelo amor incondicional, pela paciência, compreensão e apoio inabalável. Vocês foram minha base firme, me impulsionando a seguir em frente.

Aos meus colegas de laboratório, por compartilharem comigo experiências, aprendizados e desafios diários. O companheirismo de vocês tornou este percurso mais leve, enriquecedor e gratificante.

Ao meu orientador, por sua orientação, personalidade, dedicação e por acreditar no meu potencial. Sua mentoria foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento.

Ao grupo de estudo NEAB, pela acolhida, pelas enriquecedoras e pelo compromisso com o conhecimento crítico.

Obrigada a todos!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.
(Marthin Luther King)

RESUMO

Composto orgânico como condicionador de solo para controle de fitonematoides na integração de soja e pastagem safrinha

O uso de compostos orgânicos na agricultura vem sendo amplamente utilizados entre os produtores rurais devido a sua versatilidade, principalmente, por promover o aumento da biodiversidade microbiana associado a matéria orgânica. O consequente aumento da atividade dessa biodiversidade auxilia no controle de fitonematoides nos solos arenosos e aumentando os benefícios proporcionados pelos sistemas integrados de cultivo. Nesse sentido, torna-se importante avaliar os efeitos dessa prática em condições de cultivo agrícola nas áreas onde o solo possui esta característica. Objetivo foi avaliar o controle de fitonematoides, mudanças nos atributos biológicos e de fertilidade do solo e rendimento da soja em função da aplicação de compostos orgânicos no solo. O experimento foi conduzido durante dois anos no município de Caiuá - SP, em blocos ao acaso com três repetições nos seguintes tratamentos: soja - *Urochloa ruziziensis*; soja – *Urochloa brizantha* e soja – Pousio. Nos sistemas integrados foram estabelecidas sub-parcelas que receberam a aplicação de duas toneladas de composto orgânico em cada ano antes da semeadura da soja. Foram analisados atributos de microbiologia e fertilidade do solo e ocorrência de nematoides antes e durante o cultivo da soja. A aplicação de composto orgânico nos sistemas integrados proporcionou controle de *Helicotylenchus* no solo e *Pratylenchus* na raiz de soja em sucessão a *U. ruziziensis*. O rendimento da soja aumentou nos sistemas integrados que receberam composto orgânico com destaque para o sistema com presença da *U. ruziziensis*. A atividade enzimática do solo, matéria orgânica e concentração de ácidos húmicos foi incrementada nas áreas que houve aplicação do composto orgânico. O uso de composto orgânico no solo aumentou a abundância de indivíduos da fauna no solo.

Palavras-chave: Atividade microbiana; biodiversidade; *Glycine max*.

ABSTRACT

Organic compound as a soil conditioner for control of phytonematodes in the integration of soybean and second-cropped pasture

The use of organic compounds in agriculture has been widely used among rural producers due to its versatility, mainly because it promotes the increase of microbial biodiversity associated with organic matter. The consequent increase in the activity of this biodiversity helps in the control of phytonematodes in sandy soils and increases the benefits provided by integrated cropping systems. In this sense, it is important to evaluate the effects of this practice under agricultural cultivation conditions in areas where the soil has this characteristic. Thus, it is possible to evaluate the control of phytonematodes, changes in biological and soil fertility attributes and soybean yield as a function of the application of organic compounds in the soil. The experiment was conducted for two years in the municipality of Caiuá - SP, in randomized blocks with three replications in the following treatments: soybean - *Urochloa ruzizensis*; soybean - *Urochloa brizantha* and soybean - Fallow. In the integrated systems, sub-plots were established that received the application of two tons of organic compound each year before sowing the soybean. Soil microbiology and fertility attributes and nematode occurrence were analyzed before and during soybean cultivation. The application of organic compost in integrated systems provided control of *Helicotylenchus* in the soil and *Pratylenchus* in soybean roots in succession to *U. ruzizensis*. Soybean yield increased in integrated systems that received organic compost, especially in the system with the presence of *U. ruzizensis*. Soil enzymatic activity, organic matter and humic acid concentration were increased in areas where organic compost was applied. The use of organic compost in the soil increased the abundance of fauna individuals in the soil.

Keywords: Microbial activity, biodiversity, cultivation, *Glycine max*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 —	Análise de variância com os valores obtidos pelo teste F para a atividade enzimática microbiana do solo na safra 2022/23. Caiuá – SP.....	38
Tabela 2 —	Efeito da aplicação de composto orgânico em duas espécies de pastagem integrada com soja sobre a atividade enzimática do solo durante o cultivo da soja na safra 2022-2023.....	39
Tabela 3 —	Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F de atividade enzimática microbiana do solo antes da semeadura da soja e depois da colheita na safra 2023/2024 em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária, Caiuá, SP.....	40
Tabela 4 —	Efeito do uso de composto em duas espécies de braquiária sobre a atividade enzimática microbiana do solo em 2023, antes da semeadura da soja, e em 2024, após a colheita da soja. Caiuá – SP.....	40
Tabela 5 —	Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da fertilidade do solo na profundidade de 10 cm ² antes da semeadura da soja e depois da colheita na safra 2022/2023, em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária, localizado na área experimental no município de Caiuá – SP.....	41
Tabela 6 —	Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da fertilidade do solo na profundidade de 10 cm ² antes da semeadura da soja e depois da colheita na safra 2023/2024, em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária. Caiuá – SP.....	44
Tabela 7 —	Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F de ocorrência de nematoides no solo (Indivíduos por 100 cc de solo) antes da semeadura e durante o cultivo da soja nas safras 2022/2023 e 2023/2024, em função da aplicação de	

	composto em áreas de integração lavoura pecuária. Caiuá – SP.....	47
Tabela 8 —	Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F de nematoides na raiz da soja coletadas em janeiro durante a semeadura da soja nos anos de 2023 e 2024, em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária, localizado na área experimental no município de Caiuá – SP.....	49
Tabela 9 —	Resumo da análise de variância pelo teste F em resultados obtidos com frações fúlvica, húmica e humina do solo depois da soja nos anos de 2023 e 2024 em função da aplicação de composto em áreas de integração. Caiuá, SP.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 —	Representação do croqui da área de estudo, Caiuá – SP.....	33
Figura 2 —	Dados de precipitação e acúmulo de água no solo registrados durante a condução do experimento, bem como o cronograma de atividades relacionadas à aplicação de composto orgânico, coletas e análises, no município de Caiuá – SP.....	35
Figura 3 —	Teor de potássio (K) disponível no solo antes da semeadura da soja em 2022. Caiuá, SP.....	43
Figura 4 —	Avaliação de matéria orgânica do solo (MOS) após o cultivo da soja em 2023. Caiuá – SP.....	44
Figura 5 —	Avaliação de Cálcio e Magnésio no solo na profundidade de 10 cm ² antes do cultivo da soja em 2023. Caiuá – SP.....	46
Figura 6 —	Avaliação de potássio (K) e capacidade de troca catiônica (CTC) no solo na profundidade de 10 cm ² após cultivo da soja em 2024. Caiuá – SP.....	47
Figura 7 —	Avaliação de <i>Helicotylenchus</i> spp. no solo durante cultivo da soja em 2023. Caiuá – SP.....	49
Figura 8 —	Avaliação de <i>Pratylenchus</i> spp em raiz da soja em 2023. Caiuá – SP.....	50
Figura 9 —	Atributos ácidos fúlvicos e húmicos no solo após da soja no ano de 2024.....	52
Figura 10 —	Efeito do uso de composto orgânico em sistemas de integração lavoura pecuária com <i>U. Ruziziensis</i> (Ruzi) e <i>U. brizantha</i> (Briz) sobre a diversidade (A) e abundância (B) da fauna no solo.....	53
Figura 11 —	Valores significativos na produtividade da soja nas safras de 2022/2023 e 2023/2024.....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	A cultura da soja no Brasil.....	15
2.2	Sistemas integrado de cultivo Integração lavoura pecuária.....	15
2.3	A relevância das braquiárias em sistemas de produção.....	17
2.4	Fitonematoides na soja.....	18
2.5	Nematoides de vida livre.....	19
2.6	Uso de composto orgânico na agricultura.....	20
2.7	A importância da matéria orgânica do solo.....	22
2.8	Atributos microbianos no solo.....	24
2.9	O Fracionamento da matéria orgânica.....	25
2.10	Avaliação da fauna edáfica.....	27
3	JUSTIFICATIVA.....	29
4	HIPÓTESE.....	30
5	OBJETIVO.....	31
6	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
6.1	Área experimental.....	32
6.2	Delineamento experimental e estabelecimento dos tratamentos.....	32
6.3	Avaliação de atividade microbiana do solo.....	35
6.4	Avaliação de fitonematoides no solo e na raiz da soja.....	36
6.5	Análises de fertilidade do solo e fracionamento químico da matéria orgânica.....	36
6.6	Avaliação da fauna do solo.....	36
6.7	Avaliação da produtividade da soja.....	37
6.8	Análises estatísticas.....	38
7	RESULTADOS.....	39
7.1	Atividade microbiana do solo antes e depois do cultivo da soja.....	39
7.2	Avaliação de fertilidade do solo antes e após cultivo da soja.....	41
7.3	Avaliação de nematoides do solo antes e durante o cultivo da soja.....	48
7.4	Avaliação de nematoides da raiz da soja durante cultivo da soja.....	49
7.5	Avaliação de ácidos húmicos após o cultivo da soja.....	51

7.6	Avaliação de Fauna edáfica do solo.....	52
7.7	Avaliação de Produtividade da soja.....	54
8	DISCUSSÃO.....	55
9	CONCLUSÕES.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

Os solos arenosos são predominantes na maioria das áreas agrícolas brasileiras. O cultivo nessas regiões tem se tornado um desafio para os produtores rurais, que buscam incorporar novas tecnologias no manejo do solo e das plantas, visando aumentar a sustentabilidade da atividade agrícola.

Nesse cenário, uma das estratégias que tem ganhado destaque é a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), considerada uma alternativa promissora para o uso mais eficiente do solo. Essa abordagem tem apresentado bons resultados nos últimos anos, especialmente por possibilitar uma maior ciclagem de nutrientes, cobertura do solo e diversificação da produção.

Entretanto, apesar dos avanços com a ILP, ainda existem desafios relacionados ao manejo adequado dos solos arenosos. Essas áreas demandam práticas específicas que melhorem suas características físicas e químicas. Nesse sentido, o aumento do teor de matéria orgânica desponta como um caminho promissor, visto que esse componente está diretamente associado à melhoria de praticamente todas as propriedades do solo.

Além disso, a adição de matéria orgânica com elevada diversidade microbiana pode favorecer a formação de compostos húmicos e atuar na supressão de organismos patogênicos, como os nematoides, que são frequentemente encontrados em solos agrícolas brasileiros. Essa prática, portanto, não apenas melhora a qualidade do solo, mas também contribui para a sanidade das culturas.

Paralelamente, observa-se um crescimento na atividade de confinamento bovino em regiões tradicionalmente ocupadas por pastagens. Essa modalidade de engorda de animais no final do ciclo produtivo tem gerado grandes volumes de esterco, cuja destinação correta é essencial para evitar impactos ambientais.

Nesse contexto, a compostagem e a biodigestão microbiana surgem como soluções sustentáveis para o aproveitamento desses resíduos, convertendo-os em adubos orgânicos — como o composto orgânico ou o biofertilizante. Esses insumos, quando aplicados ao solo, podem contribuir significativamente para o aumento da matéria orgânica e da diversidade microbiana.

Diante disso, torna-se fundamental a realização de estudos que avaliem os efeitos da introdução desses resíduos orgânicos em sistemas integrados de produção, como a ILP, especialmente em áreas com solos arenosos. Tais pesquisas podem

fornecer subsídios importantes para práticas agrícolas mais sustentáveis e produtivas no Brasil

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja no Brasil

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, se tratando de uma oleaginosa com grande importância socioeconômica, por ser fonte de proteína para alimentação humana e animal, além de ser matéria prima para produção de óleos vegetais e diversos produtos (Zuffo *et al.*, 2020; Queiroz; Ságio; Teixeira Junior, 2020).

No Brasil, a cultura da soja é uma *commodity* que se destaca no cenário mundial, sendo muito importante para a balança comercial do país, que atualmente se destaca como um dos principais produtores e exportadores de soja do mundo (Mendes *et al.*, 2022). Segundo a (CONAB, 2023), a safra 2022/23 alcançou uma produção de 153,6 milhões de toneladas, cobrindo uma área de 43,6 milhões de hectares e com uma produtividade média de 3.527 kg ha⁻¹.

O crescimento da produção e o aumento da produtividade por área da soja estão diretamente ligados com os avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo (Hirakuri; Lazzarotto, 2014). Nesse contexto, a adoção de práticas de manejo mais sustentáveis se torna essencial para manter o crescimento da produção sem comprometer os recursos naturais. Sistemas como o plantio direto, a rotação de culturas e a integração lavoura-pecuária são apontados como estratégias promissoras. Além disso, fatores como a escolha adequada da época de semeadura e a utilização de sementes geneticamente aprimoradas são decisivos para a eficiência produtiva (Costa *et al.*, 2019).

Entre as práticas sustentáveis de manejo, a adubação orgânica ganha destaque por utilizar resíduos que, se descartados de forma inadequada, poderiam representar riscos ambientais. Quando bem manejados, esses resíduos se tornam fontes eficazes de nutrientes, com liberação gradual ao solo por meio dos processos de decomposição e mineralização, garantindo suporte nutricional prolongado às plantas (EMBRAPA, 2022).

2.2 Sistemas integrado de cultivo Integração lavoura pecuária

Os sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) têm se consolidado como alternativas viáveis e sustentáveis para o fortalecimento do agronegócio brasileiro. Estudos recentes destacam que, ao integrar atividades agrícolas e pecuárias, esses sistemas promovem maior eficiência no uso dos recursos naturais e contribuem para a resiliência dos sistemas produtivos (Valani *et al.*, 2021). Entre os principais elementos associados ao sucesso da ILP estão práticas agrícolas circulares, como a rotação de culturas, a cobertura permanente do solo, o consórcio entre espécies e o reaproveitamento de resíduos orgânicos (Muscat *et al.*, 2021).

Essas estratégias favorecem o aumento da matéria orgânica no solo e intensificam a ciclagem de nutrientes, elementos essenciais para a manutenção da fertilidade do solo. A utilização de resíduos provenientes da pecuária, como fezes e urina, na adubação das lavouras, representa uma forma eficiente de reciclagem de nutrientes e reforça a lógica da agricultura circular. Essa abordagem visa à redução do uso de recursos não renováveis, como fertilizantes sintéticos e combustíveis fósseis, à diminuição das perdas de água e nutrientes e ao aproveitamento de subprodutos, mantendo ou ampliando a produtividade agrícola com menor impacto ambiental (Muniz *et al.*, 2022; 2023; Moreira *et al.*, 2023).

Dentro dos sistemas de ILP, a prática da sucessão forrageira após a colheita da soja tem se mostrado especialmente relevante. Utilizada principalmente por propriedades voltadas à produção de grãos, essa técnica envolve o cultivo de gramíneas forrageiras na entressafra com o objetivo de manter a cobertura do solo em sistemas de plantio direto. A forragem gerada é utilizada como alimento para o gado durante períodos de baixa disponibilidade hídrica, contribuindo para a sustentabilidade da atividade pecuária na estação seca (Dias *et al.*, 2021; Muniz *et al.*, 2022). Após o pastejo, a biomassa remanescente atua na proteção do solo e na formação de palhada para a safra subsequente (Andrade *et al.*, 2020).

Além dos benefícios já mencionados, a sucessão entre soja e pastagem tem mostrado resultados positivos no aumento da produtividade da soja, quando comparada ao sistema de pousio. Esse incremento pode estar relacionado à atuação das raízes das forrageiras, que melhoram a estrutura do solo, além de contribuírem para a manutenção da atividade microbiana no solo e sua descompactação. Outros efeitos benéficos incluem o aumento da disponibilidade de nutrientes e a melhoria geral na fertilidade do solo (Balbinot Junior *et al.*, 2019).

A introdução da pecuária como alternativa tem se mostrado uma estratégia eficiente dentro do sistema de rotação com a soja. Essa abordagem proporciona vantagens significativas para a agricultura, como a diversificação das fontes de renda e o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis nas propriedades rurais (Dias *et al.*, 2021).

Além dos benefícios econômicos, a integração da pecuária na entressafra exerce papel importante na melhoria da fertilidade do solo por meio da intensificação da ciclagem de nutrientes. A deposição de resíduos orgânicos, como fezes e urina dos animais, contribui para o enriquecimento do solo, o que pode diminuir a dependência de fertilizantes minerais e promover práticas agrícolas mais sustentáveis (Ryschawy *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2017).

Essa prática também se destaca por reduzir os custos operacionais e por permitir maior flexibilidade no manejo das atividades agropecuárias. Como resultado, há ganhos em eficiência produtiva e incremento da produtividade da soja na safra subsequente, reforçando os benefícios econômicos e ambientais da integração lavoura pecuária (Muniz *et al.*, 2022).

2.3 A relevância das braquiárias em sistemas de produção

Na produção de forragem para alimentação animal e na formação de palhada para culturas de verão. Para isso, utiliza-se gramíneas e leguminosas, cujas raízes vigorosas promovem intensa ciclagem de nutrientes, influenciando positivamente as características químicas, físicas e biológicas do solo (Soares *et al.*, 2021; Guerra, 2017; Tavanti *et al.*, 2019; Zolin *et al.*, 2021; Laroca *et al.*, 2018; Viaud *et al.*, 2018; Nascimento *et al.*, 2019; Bonetti *et al.*, 2018). Além disso, esse manejo pode favorecer o sequestro de carbono atmosférico, auxiliando na mitigação das mudanças climáticas e tornando o sistema mais sustentável (Moraes *et al.*, 2019; Zolin *et al.*, 2021). Um exemplo disso foi observado por (Silva *et al.* 2004), que identificaram, em um Latossolo no Cerrado, o acúmulo de carbono no solo até um metro de profundidade, com destaque para as espécies *Panicum maximum*, *Urochloa brizantha* e *Paspalum atratum*, sendo que mais da metade do carbono armazenado concentrou-se nos primeiros 40 cm do perfil.

O uso de forrageiras tropicais, como as do gênero *Urochloa*, tem sido muito promissor em razão da sua rusticidade e capacidade de adaptação a solos ácidos e

de baixa fertilidade (Zimmer, 2015). Estas espécies são amplamente utilizadas para formação de palhada ou como pastagem durante o período seco, especialmente em regiões do Cerrado (Machado; Assis, 2010). Além disso, destacam-se como excelentes opções para sistemas de rotação e consórcio com culturas de grãos, como a soja e o milho. Entre as cultivares mais utilizadas estão *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Piatã, Paiaguás, Xaraés, e *Urochloa ruziziensis*, amplamente adotadas pela sua capacidade de produção de biomassa e adaptação a diferentes condições de manejo (Sereia *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2017).

De forma geral, espécies como *Urochloa ruziziensis* e *U. brizantha* se desenvolvem melhor em solos com fertilidade de média a alta e, por serem tropicais, têm seu crescimento reduzido em baixas temperaturas, sendo sensíveis a geadas. Em sistemas como ILP e ILPF (Integração Lavoura Pecuária Floresta), essas forrageiras são utilizadas com sucesso, destacando-se por seu sistema radicular denso e com alta taxa de renovação. Esse tipo de raiz contribui para maior absorção de água e nutrientes, liberação de exsudatos que ativam a microbiota do solo e estímulo à formação de micorrizas, resultando em agregados mais estáveis e aumento da qualidade física do solo (Garcia; Rosolem, 2010; Lourente *et al.*, 2016).

2.4 Fitonematoides na soja

Com a expansão da cultura da soja no Brasil, diversos problemas fitossanitários também se intensificaram. Entre eles, destacam-se os fitonematoides, vermes endoparasitas microscópicos que invadem os tecidos radiculares das plantas, comprometendo sua fisiologia e desempenho (Pinheiro, 2022).

Dentre os principais desafios fitossanitários enfrentados na agricultura, os nematoides ocupam posição de destaque por causarem sérios prejuízos a culturas de grande valor econômico, como soja, milho, trigo, arroz, algodão, feijão, cana-de-açúcar e café (Dias-Arieira *et al.*, 2018; Nomura *et al.*, 2024). Esses organismos microscópicos atacam o sistema radicular das plantas, comprometendo seu desenvolvimento e, conseqüentemente, sua produtividade.

As espécies de nematoides com maior impacto econômico incluem *Meloidogyne* spp. (nematóide-das-galhas), *Heterodera glycines* (nematóide de cisto da soja), *Pratylenchus brachyurus* (nematóide das lesões radiculares) e *Rotylenchulus reniformis* (nematóide reniforme) segundo (Dias-Arieira *et al.*, 2021). Entre eles,

destaca-se o *P. brachyurus*, que é considerado atualmente o principal responsável pelas perdas em lavouras, especialmente pela sua ampla distribuição e capacidade de adaptação. (Catani *et al.*, 2023)

A importância de *P. brachyurus* como patógeno agrícola se deve a diversos fatores: seu hábito migratório, a ausência de variedades comerciais com resistência efetiva, sua ampla gama de plantas hospedeiras e a elevada densidade populacional observada em sistemas de monocultura ou com pouca diversificação (Dias-Arieira *et al.*, 2018). Além disso, esse nematoide pode formar interações sinérgicas com outros patógenos de solo, como fungos do gênero *Fusarium*, intensificando os danos nas plantas (Henning *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2021).

Para mitigar os impactos causados por esse patógeno, o manejo integrado tem sido a principal estratégia adotada. Essa abordagem combina práticas como a rotação de culturas com espécies não hospedeiras, o uso de variedades com baixa capacidade de multiplicação do nematoide e a aplicação de nematicidas químicos (Oliveira *et al.*, 2021). No entanto, diante da crescente preocupação ambiental e da busca por alternativas mais sustentáveis, métodos de controle biológico têm ganhado notoriedade.

Neste cenário, agentes biológicos como fungos e bactérias antagonistas aos nematoides vêm sendo estudados e aplicados com resultados promissores. Paralelamente, compostos naturais extraídos de plantas também surgem como ferramentas inovadoras no controle dessas pragas, oferecendo alternativas menos agressivas ao meio ambiente e compatíveis com sistemas de produção mais sustentáveis (Oliveira *et al.*, 2021; Catani *et al.*, 2023).

2.5 Nematoides de vida livre

Nematoides de vida livre estão presentes em diferentes níveis tróficos dentro do solo e, por esse motivo, são considerados bons indicadores biológicos de uma ampla gama de propriedades edáficas. Um exemplo é o grupo dos nematoides bacteriófagos, que exercem papel fundamental na decomposição da matéria orgânica ao se alimentarem de microrganismos saprofitos, contribuindo para a liberação de nutrientes essenciais (Ekschmitt *et al.*, 2001). Devido à diversidade de espécies e funções desempenhadas por esses organismos, é comum que sejam agrupados em categorias funcionais, facilitando a interpretação ecológica e o entendimento do seu

papel nos processos do ecossistema (Chapin; Schulze; Mooney, 1992). Esses grupos funcionais reúnem espécies com funções semelhantes, o que é útil especialmente porque, em muitos casos, os efeitos específicos de cada espécie ainda não são completamente compreendidos.

Nesse contexto, os nematoides de vida livre se destacam por sua dieta variada, que inclui bactérias, fungos, restos orgânicos e tecidos vegetais. Essa diversidade alimentar os torna importantes agentes na ciclagem de nutrientes, já que durante seu metabolismo eles liberam compostos que podem ser aproveitados pelas plantas, além de contribuírem para a melhoria da estrutura do solo (Thomas, 2016). Um exemplo amplamente estudado é *Caenorhabditis elegans*, um nematoide bacteriófago que tem servido como modelo biológico em pesquisas por sua relevância fisiológica e facilidade de manejo.

Além de sua importância na decomposição da matéria orgânica, esses organismos também participam ativamente de processos como a mineralização de nutrientes, degradação de compostos tóxicos e regulação da população de organismos patogênicos. Sua distribuição está diretamente relacionada a fatores como o teor de matéria orgânica e o nível de umidade do solo, o que reforça seu papel como bioindicadores da qualidade ambiental e funcionalidade do ecossistema (Thomas, 2016).

2.6 Uso de composto orgânico na agricultura

A utilização do esterco bovino na agricultura é uma prática milenar, reconhecida por seus múltiplos benefícios ao solo. De forma geral o uso desse resíduo orgânico pode contribuir diretamente para a melhoria da estrutura física do solo, pois promove a formação de agregados estáveis e incrementa a Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Além disso, atua como um agente tamponante, auxiliando na regulação do pH, reduzindo os impactos negativos da salinidade e neutralizando efeitos adversos causados por fertilizantes minerais convencionais (Aiysha; Latif, 2019). Mas, muitas vezes o uso de esterco diretamente no solo apresenta resultados a longo prazo em razão da sua degradação de forma natural ser mais lenta. Nesse sentido o uso do processamento desses materiais pela compostagem tem acelerado esse processo. No caso do esterco bovino tem sido amplamente utilizado como matéria-prima na

elaboração de biofertilizantes, pela grande disponibilidade dele nas áreas de pecuária. (Inacio, 2010)

Uma das vias principais de se obter biofertilizantes a partir do esterco tem sido a compostagem. Esse processo é dinâmico e passa por diferentes fases de biodegradação que são divididas em fases: inicial, termófila, mesófila e maturação. Ao longo dessas fases, os microrganismos interagem de forma sinérgica, mantendo a fermentação ativa com o processo durando em média 90 dias de processamento (Inacio; Miller, 2009). Nesse período são realizadas várias intervenções com revolvimento e molhamento do material.

A compostagem reduz significativamente o volume de esterco através da mineralização bioquímica e humificação parcial de compostos orgânicos, reduzindo também a massa, o teor de água e muitos dos elementos indesejáveis presentes no esterco, tais como patógenos, parasitas, e sementes de ervas daninhas (Goldan *et al.* 2023)

Durante a compostagem, destacam-se microrganismos com habilidades específicas, como a solubilização de fósforo e potássio e a fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Com isso, os biofertilizantes passam a representar uma alternativa promissora para fornecer nutrientes essenciais de maneira acessível e sustentável. Além do aporte direto de nutrientes, eles também estimulam a microbiota do solo, otimizando processos naturais que tornam elementos já presentes mais disponíveis às plantas cultivadas (Roychowdhury; Debojyoti, 2015). Além da maior disponibilização de macro e micronutrientes no solo o composto orgânico estimula a diversidade microbiana no solo, melhorando sua qualidade e sustentabilidade (Marques, 2022).

O uso do composto orgânico pode ser feito com dois objetivos como forma de adubação orgânica ou como forma de condicionamento do solo (Xu; Mou, 2016). Na primeira opção tem sido empregado grandes volumes no solo em razão da baixa concentração de nutrientes no composto (Maucieri; Barco; Borin, 2019; Lee, 2012; Goldan *et al.*, 2023), enquanto que na segunda opção pode ser usado valores mais reduzidos desse material. Entretanto essa opção ainda carece de estudo que quantifique com assertividade esses benefícios.

Assim, o uso de composto orgânico proveniente de esterco seja bovino ou de outras origens consolida-se como uma prática eficiente e economicamente viável (Haergreaves *et al.*, 2008). Seus efeitos positivos incluem o aumento da matéria

orgânica no solo, maior capacidade de retenção e infiltração de água, elevação da capacidade de troca de cátions (CTC), contribui para o aumento do pH e da capacidade tampão e favorece a formação de agregados estáveis, que auxiliam na aeração e reduzem a erosão (Mehta *et al.*, 2014). O uso de composto orgânico no solo tem favorecido o desenvolvimento da macrofauna do solo que tem papel importante na manutenção da qualidade do solo (Emmerling *et al.*, 2010). Esses fatores não apenas favorecem o desenvolvimento das culturas, mas também contribuem para o aumento da produtividade agrícola (Silva, 2018; Gomes *et al.*, 2018).

Dentro desse cenário, a compostagem se apresenta como uma alternativa eficiente para o reaproveitamento de resíduos orgânicos. A aplicação de composto orgânico no solo auxilia na reposição desses elementos e reduz a necessidade de fertilizantes minerais, favorecendo sistemas mais sustentáveis e com menor custo de produção (Resende *et al.*, 2017; Macêdo; Edvan; Santos, 2018).

2.7 A importância da matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) exerce função essencial na melhoria da estrutura física do solo, favorecendo a infiltração da água, a resistência à erosão e contribuindo significativamente para o fornecimento de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre (Basu *et al.*, 2021). Práticas de manejo sustentável, como a aplicação de fertilizantes orgânicos e o uso de bioinsumos, estimulam a atividade microbiana e enzimática, resultando em uma ciclagem de nutrientes mais eficiente e beneficiando a fertilidade do solo a longo prazo (Fall *et al.*, 2022).

O acúmulo de MOS destaca-se como um dos componentes mais suscetíveis às alterações provocadas pelas práticas de manejo, desempenhando também papel essencial no ciclo global do carbono. Estima-se que aproximadamente 58% do carbono presente no solo esteja associado à matéria orgânica (Reis, 2023). Assim, a análise dos níveis de carbono no solo serve como um indicador importante tanto da sua qualidade quanto das suas propriedades, além de estar diretamente relacionada ao potencial de fertilidade.

A substância orgânica, juntamente com a diversidade da comunidade microbiana, tem se consolidado como um dos pilares na promoção da fertilidade do solo e na manutenção da produtividade agrícola ao longo do tempo. Esses elementos

exercem papéis essenciais nos ciclos do carbono (C) e do nitrogênio (N), na formação de agregados, na aeração e na capacidade de retenção de água do solo (Martínez-García *et al.*, 2018). Por essas razões, tanto a quantidade quanto a qualidade da MOS, assim como a composição microbiana do solo, são frequentemente utilizadas como indicadores relevantes da saúde e da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas (Esperschütz *et al.*, 2007).

Há uma relação de interdependência entre esses fatores: os microrganismos são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pelo processamento de nutrientes (Ryan *et al.*, 2018), enquanto as práticas agrícolas modificam características edáficas, como a porosidade, umidade e composição de substratos, influenciando diretamente na diversidade e na atividade microbiana (Li *et al.*, 2018). Nesse sentido, (Dong *et al.*, 2014) demonstram que alterações na comunidade microbiana podem impactar significativamente a disponibilidade de matéria orgânica e, como consequência, a produtividade das lavouras.

Entendendo sua composição, a matéria orgânica do solo abrange todos os componentes biológicos, vivos ou em decomposição, que estão presentes na matriz do solo (Primo; Menezes; Silva, 2011). Essa fração inclui tanto a parte viva, formada por raízes e microrganismos que representa cerca de 4% do total quanto a porção morta, composta por resíduos vegetais em decomposição, além de substâncias humificadas e não humificadas. No entanto, as mudanças nas características da MOS, resultantes de práticas de manejo agrícola, tendem a se manifestar apenas após longos períodos de aplicação contínua, o que dificulta sua utilização como indicador de impactos em intervenções pontuais (Lisboa *et al.*, 2012). Além disso, a distribuição dessa matéria orgânica tende a ser mais concentrada nas camadas superficiais do solo, diminuindo em profundidade, um comportamento influenciado por diversos fatores como a entrada de resíduos orgânicos, a taxa de mineralização, a textura do solo e o clima local (Khorramdel *et al.*, 2013). Esses fatores atuam em conjunto, conduzindo o solo a um estado de equilíbrio em relação ao teor de MOS, especialmente em áreas sob cobertura vegetal natural. De acordo com (Oliveira *et al.* 2017), características como o tipo de vegetação, suas propriedades fisiológicas, a proporção carbono/nitrogênio e as condições ambientais de temperatura e umidade são determinantes tanto para a qualidade da matéria orgânica acumulada quanto para a estrutura e abundância da microbiota associada ao solo.

2.8 Atributos microbianos no solo

A microbiologia do solo desempenha um papel fundamental na manutenção dos ecossistemas terrestres, influenciando diretamente a fertilidade do solo, o ciclo de nutrientes e o crescimento das plantas. Os microrganismos presentes no solo, como bactérias, fungos e actinobactérias, participam ativamente de processos essenciais, como a decomposição da matéria orgânica, a fixação biológica de nitrogênio e a formação de agregados do solo (Fierer, 2017). Além disso, esses organismos atuam como mediadores das interações entre plantas e ambiente, auxiliando na resistência ao estresse hídrico, no controle de patógenos e na promoção do crescimento vegetal (Mendes *et al.*, 2017).

O estudo dos atributos microbiológicos do solo é essencial para compreender como práticas agrícolas, mudanças climáticas e manejo do solo podem impactar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. A análise de parâmetros como a atividade enzimática, a biomassa microbiana e a diversidade genética fornecem informações valiosas sobre a saúde do solo e sua capacidade de sustentar a produção agrícola e conservar o meio ambiente (Jansson; Hofmockel, 2020). Dessa forma, explorar os atributos microbiológicos é um passo crucial para a gestão sustentável dos solos.

Entre os indicadores biológicos utilizados para analisar o comportamento e a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), as propriedades biológicas e bioquímicas têm um papel fundamental. Isso abrange a medição da respiração do solo, atividade enzimática, teor de nitrogênio na biomassa microbiana, teor de carbono na biomassa microbiana (CBM) e diversidade microbiana (Silva *et al.*, 2023).

A utilização de enzimas como β -glicosidase e arilsulfatase para avaliar a atividade biológica do solo e sua sensibilidade às mudanças de manejo oferece vantagens como precisão, consistência, sensibilidade, facilidade de análise e reprodutibilidade (Mendes *et al.*, 2013). A atividade biológica do solo expressa a dinâmica dos compostos orgânicos, a diversidade dos microrganismos e os processos bioquímicos que ocorrem continuamente no ambiente edáfico (Saygin *et al.*, 2023). Indicadores biológicos são ferramentas amplamente utilizadas para diagnosticar a qualidade e o funcionamento do solo, fornecendo dados sobre a intensidade da atividade microbiana, a decomposição dos resíduos orgânicos e o ciclo de nutrientes (Tahat *et al.*, 2020).

Entre os principais parâmetros utilizados nesse contexto, destacam-se a respiração basal, o carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico. A respiração basal mede a taxa de emissão de CO₂, refletindo a atividade geral dos microrganismos. Já o carbono da biomassa microbiana corresponde à parte viva da matéria orgânica e serve como indicador da capacidade do solo de reter e reciclar nutrientes (Chen; Leffler, *et al.*, 2025). Por outro lado, o quociente metabólico avalia a eficiência das comunidades microbianas na utilização do carbono, indicando o balanço entre consumo e armazenamento energético no solo (Ashraf; Waqas; Rahman, 2022).

Além desses indicadores, as enzimas presentes no solo desempenham um papel crucial na degradação de compostos orgânicos e na liberação de nutrientes essenciais para as plantas (Sobucki *et al.*, 2021). Produzidas principalmente por raízes e microrganismos, essas enzimas estão diretamente associadas à saúde e ao desempenho do ecossistema do solo (Barbosa *et al.*, 2023). Dentre as mais estudadas estão: a fosfatase ácida, a β -glicosidase, a arilsulfatase e a enzima detectada por meio da hidrólise do diacetato de fluoresceína. A fosfatase ácida atua na liberação de fósforo de compostos orgânicos (Veloso *et al.*, 2023); a β -glicosidase está envolvida na quebra de carboidratos (Sengupta; Datta, S.; Datta, M., 2023); a arilsulfatase auxilia na mobilização do enxofre (Yu *et al.*, 2023); e a atividade da enzima que hidrolisa o diacetato de fluoresceína fornece uma visão global da atividade biológica do solo (Zhang *et al.*, 2022).

A análise conjunta desses indicadores biológicos e das atividades enzimáticas permite compreender com maior profundidade os processos funcionais do solo e sua resposta a diferentes práticas de uso e manejo. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de estratégias eficazes na preservação da fertilidade e na promoção da sustentabilidade em sistemas agrícolas e ecossistemas naturais (Maurya *et al.*, 2020).

2.9 O Fracionamento da matéria orgânica

A matéria orgânica do solo (MOS) é um dos componentes mais importantes dos ecossistemas terrestres, sendo reconhecida como o principal reservatório de carbono na superfície terrestre. Além de sua função como estoque de carbono, a MOS é fundamental para a conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas do

solo, influenciando diretamente sua qualidade e funcionalidade. Sua composição inclui diversos compostos químicos em diferentes estágios de decomposição, o que reflete a dinâmica dos processos orgânicos no ambiente edáfico. Embora o termo “húmus” seja utilizado para descrever os horizontes superficiais formados por materiais orgânicos e organominerais, este conceito não deve ser confundido com as frações específicas que constituem a MOS, pois refere-se apenas a uma etapa do processo de decomposição da matéria orgânica (Chertov; Nadporozhskaya, 2018).

Do ponto de vista químico, a MOS é uma fonte vital de macro e micronutrientes para o solo, com o carbono sendo o elemento predominante. Fisicamente, ela exerce papel essencial na melhoria da estrutura do solo, promovendo maior retenção de água, melhor aeração e maior capacidade de penetração radicular (Cotrufo *et al.*, 2019; Williams *et al.*, 2017). Esses atributos são essenciais para o desenvolvimento das plantas e para a estabilidade do ambiente agrícola.

A classificação da MOS pode ser feita em duas frações principais: a fração leve e a fração pesada. A fração leve é composta, em sua maioria, por resíduos vegetais e microbianos ainda identificáveis, enquanto a fração pesada inclui compostos mais recalcitrantes, já em avançado estágio de decomposição. Essa última engloba substâncias húmicas como os ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas, que, juntas, armazenam entre 70% e 80% do carbono orgânico total dos solos (Chen *et al.*, 2017).

Essas substâncias húmicas apresentam propriedades físico-químicas variadas que afetam sua estabilidade e o modo como interagem com os demais componentes do solo. Os ácidos fúlvicos, por exemplo, destacam-se por sua alta solubilidade tanto em meios alcalinos quanto em ácidos diluídos, além de sua elevada reatividade, resultado da abundância de grupos funcionais como carboxílicos e fenólicos (Stevenson, 1994).

No contexto agrícola, práticas de manejo sustentáveis, como o uso contínuo de adubações orgânicas, têm demonstrado grande potencial para aumentar o teor de carbono orgânico particulado (COP) no solo. Em comparação com áreas que recebem apenas adubação mineral nitrogenada, os sistemas com manejo orgânico apresentam melhorias significativas nos atributos físicos e químicos do solo, o que reflete diretamente em sua fertilidade (Hoover *et al.*, 2019). Além disso, a aplicação adequada de adubos fosfatados também influencia positivamente as frações de carbono, promovendo maior estabilidade e disponibilidade dos nutrientes (Frazão *et al.*, 2021).

O papel da MOS vai além da fertilidade do solo, sendo essencial para a provisão de serviços ecossistêmicos como o armazenamento de água, o sequestro de carbono e a promoção da segurança alimentar (Sales *et al.*, 2018; Lal, 2016). No entanto, a intensificação do uso da terra e o manejo inadequado têm contribuído para a degradação da MOS, comprometendo o equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos e resultando na perda de nutrientes. Estudos indicam que, nos últimos dois séculos, essas mudanças provocaram a liberação de aproximadamente 133 pentagramas de carbono da camada superficial do solo, até um metro de profundidade (Fraga; Salcedo, 2004; Sanderman, Hengji; Fiske, 2017).

Entre as frações da MOS, a fração lábil é a que mais responde às alterações no uso e manejo do solo, sendo altamente sensível a essas mudanças. Por isso, é amplamente utilizada como indicador da qualidade do solo. Em contraste, a fração não lábil, associada às partículas de silte e argila, apresenta maior estabilidade (Bona, 2005). O uso do fracionamento granulométrico da MOS permite avaliar essa sensibilidade, ao separar a matéria orgânica particulada, que é facilmente decomposta por microrganismos como fragmentos de folhas, raízes e restos animais da matéria orgânica que está fortemente associada aos minerais do solo, caracterizando-se como mais estável e resistente à decomposição (Gazolla *et al.*, 2015).

2.10 Avaliação da fauna edáfica

A fauna do solo desempenha um papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecológico dos agroecossistemas, atuando no controle biológico de patógenos e na decomposição da matéria orgânica. Por isso, sua análise fornece subsídios importantes para entender os efeitos causados por diferentes formas de manejo agrícola (Berude *et al.*, 2015). Observar a diversidade desses organismos em variados sistemas produtivos permite avaliar como as práticas agrícolas influenciam a vitalidade do solo, sendo essencial para promover uma agricultura sustentável e produtiva a longo prazo (Krewer *et al.*, 2024).

Dentro desse contexto, destaca-se a macrofauna do solo, frequentemente chamada de "engenheiros do solo" por seu papel direto a modificação das propriedades físicas e biológicas do ambiente edáfico (Souza *et al.*, 2023). Esses organismos são sensíveis a alterações no uso e manejo da terra, o que os torna

indicadores confiáveis da qualidade e das transformações do solo, sejam elas de origem natural ou antrópica (Santos; Maia, 2015).

A macrofauna edáfica é um parâmetro de resposta rápida ao impacto dos tipos de sistemas de produção, isso possibilita seu uso como instrumento para avaliação de manejos sustentáveis nos sistemas agrícolas. (Franco *et al.*, 2016), mostrou mudanças no uso e manejo do solo, altera significativamente a abundância e diversidade de organismos da mesofauna e macrofauna do solo, assim como sua relação com os atributos físicos e químicos do solo, importantes para a avaliação da qualidade do sistema.

A integração da pastagem com o cultivo da soja pode contribuir para manter um número mínimo de grupos taxonômicos importantes para a ciclagem de nutrientes no solo, pois no cultivo apenas com a soja e pousio na entressafra verificou-se forte redução dos índices faunísticos (Salvador *et al.*, 2024). Este efeito negativo de monocultivo foi encontrado em área de cultivo de cana por cinco anos após pastagem, onde verificou-se diminuição da diversidade da macrofauna (Franco *et al.*, 2016). Em estudo realizado de avaliação de sistemas integrados, em condições de cerrado, verificou-se o predomínio de *Coleoptera*, *Oligocheta* e *Diptera* (Marchão *et al.*, 2009), mostrando com isso que apesar da mudança de grupos a diversidade também é pequena.

3 JUSTIFICATIVA

O projeto se justifica por avaliar os atributos de fertilidade e biológicos do solo após aplicação de composto a base de esterco bovinos, com destaque para analisar o controle de fitonematoides e incrementos nos compartimentos de carbono orgânico no solo.

4 HIPÓTESE

O uso de composto orgânico em dose reduzida pode aumentar a atividade microbiana, e aumento de frações da matéria orgânica e conseqüentemente controlar fitonematoides parasitas e aumentar a produtividade da soja.

5 OBJETIVO

Avaliar o controle de fitonematoides, mudanças nos atributos biológicos, e de fertilidade do solo e rendimento da soja em função da aplicação de compostos orgânicos no solo.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Área experimental

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa da Facholi na Fazenda Vô Altino, situada no município de Caiuá, SP. A localização da área experimental está georreferenciada pelas coordenadas geográficas: 21° 49' 54" de latitude sul e 51° 59' 54" de longitude oeste, com 330 m de altitude e relevo plano. A precipitação média anual é de 1.154 mm e a temperatura média anual é de 22,8°C. O solo em estudo é um Latossolo Amarelo distrófico de textura arenosa (Santos *et al.*, 2018). Com (820 g kg⁻¹ de areia, 110g kg⁻¹. de argila e 70 g kg⁻¹. de silte). A área total possui 40 hectares e são separados por três blocos (Figura 1). Neste local encontra-se experimento com sistema integração lavoura-pecuária instalado desde 2016.

6.2 Delineamento experimental e estabelecimento dos tratamentos

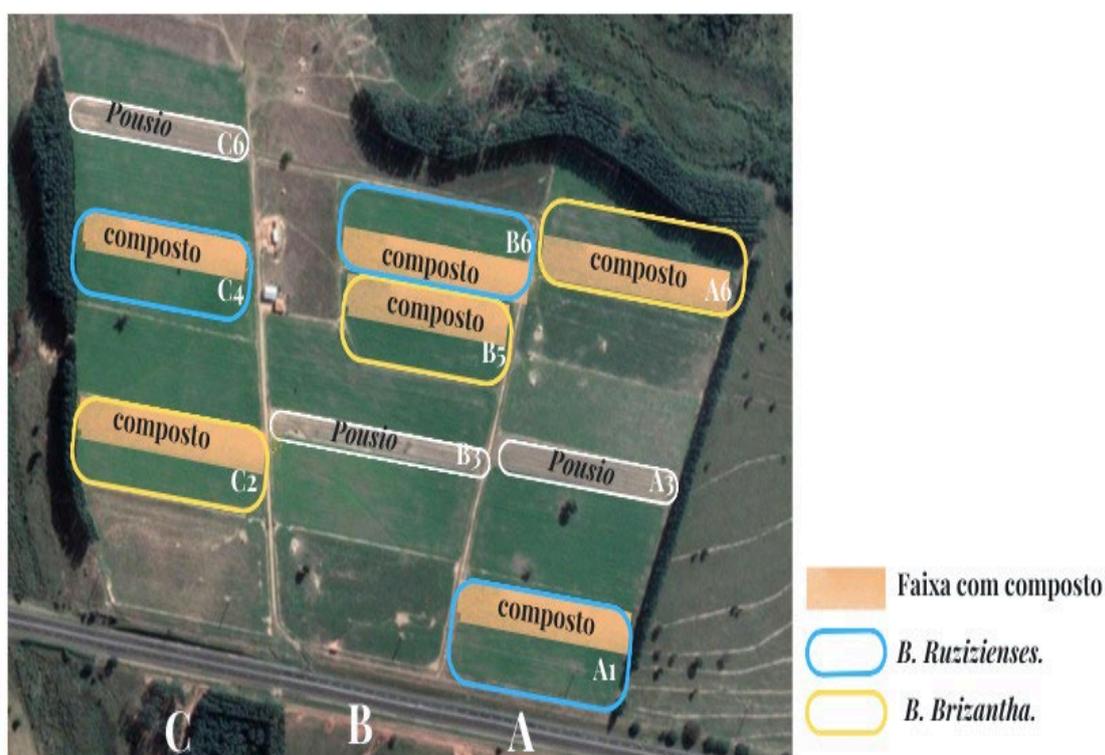
O experimento foi estabelecido como um delineamento em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 3 repetições. Os seguintes tratamentos foram utilizados nas safras nos anos 2022/2023 e 2023/2024: T1: Soja - *Urochloa ruziziensis* + Composto; T2: Soja - *Urochloa Ruziziensis*; T3: Soja - *Urochloa brizantha* + Composto; T4: Soja - *Urochloa Brizantha*; e T5: Soja - Pousio (Plantio direto). Os tratamentos T1 e T3 foram estabelecidos como sub-parcelas nas parcelas experimentais com as espécies de pastagens já estabelecidas constituindo uma faixa que recebeu à aplicação do composto (Figura 1).

O composto utilizado foi proveniente de pátio de compostagem de esterco bovino do confinamento Sol Nascente em Santo Anastácio, SP. O composto foi processado durante 90 dias com revolvimento mecânico semanal e umedecimentos periódicos. Durante a fase termófila o composto atingiu temperaturas acima de 65° C durante vários dias. No final o composto apresentou a seguinte composição com as concentrações (%) de: M.O.=30,8; N=1,7; P₂O₅=3,2; K₂O= 2,3; CTC=556,0.

Nos meses de outubro de 2022 e 2023 foram aplicadas doses de 2,0 toneladas de composto orgânico, em sub-parcelas, dentro das parcelas já estabelecidas no local. Para isso foram utilizadas faixas de 20 metros de largura e 250 metros de

comprimento dentro das parcelas relativas a cada tratamento e bloco, constituindo a subparcela, o restante da parcela foi mantido no manejo rotineiro do local. Para aplicação utilizou-se carreta de distribuição superficial de adubo acoplada ao trator. A dosagem aplicada foi estabelecida como condicionamento do solo e não baseada em taxa de aplicação de NPK, ou seja, não foi utilizada para complementar adubação mineral.

Figura 1 — Representação do croqui da área de estudo, Caiuá – SP.



Fonte: A autora.

Na segunda quinzena de outubro de 2022 e 2023, foram realizadas as semeaduras da soja, com o uso da cultivar Brasmax Fibra, recomendada de acordo com as condições edafoclimáticas da região. As semeaduras foram realizadas com a utilização de uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para o plantio direto, com espaçamento de 0,45m e aproximadamente 1sementes por metro de sulco, objetivando população em torno de 250.000 plantas ha⁻¹.

As adubações de semeaduras e de coberturas foram estabelecidas de acordo com as recomendações técnicas, sendo feita em todas as parcelas e subparcelas. Os

manejos fitossanitários foram conduzidos de acordo com as recomendações técnicas já conduzidas no local há oito anos. Após as colheitas dos grãos, no início de março de 2023 e 2024, foram realizadas as semeaduras das forrageiras.

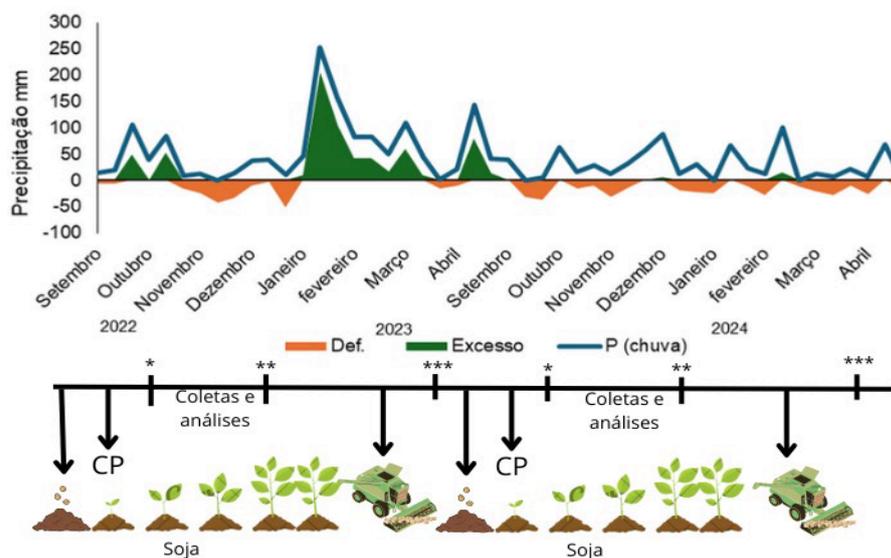
As semeaduras das forrageiras ocorreram nos meses de março 2023 e 2024, com 9,5 kg ha⁻¹ de sementes revestidas. As semeaduras foram efetuadas em linhas, com espaçamento de 0,45m com a semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para o plantio, modelo John Deere com 11 linhas. Depois de formadas, se deu o início do pastejo para avaliação do desempenho animal nestas pastagens, no período de entressafra (maio a agosto 2023 e 2024).

Foram utilizados novilhos da raça Nelore, com peso médio inicial de aproximadamente 220 kg e idade média de 8 meses. Em cada piquete foram utilizados um número fixo de animais “testers” e um número variável de reguladores, conforme a necessidade de ajuste na lotação para manutenção da meta de manejo do pasto.

O método de pastejo adotado foi o contínuo com lotação variável, utilizando a técnica de *put and take*, (Mott; Lucas, 1952), visando manter altura da pastagem em 0,30m para todos os tratamentos.

Foram coletados dados pluviométricos ao longo de todo o período experimental, abrangendo o primeiro ano safra 2022/2023) e o segundo ano (safra 2023/2024). Adicionalmente, foi elaborado um cronograma detalhado com as datas de aplicação do composto orgânico, bem como das coletas de solo e das respectivas análises laboratoriais.

Figura 2 — Dados de precipitação e acúmulo de água no solo registrados durante a condução do experimento, bem como o cronograma de atividades relacionadas à aplicação de composto orgânico, coletas e análises, no município de Caiuá – SP



CP: Aplicação de composto por máquina a lanço

*Novembro: Coleta de solo

**Janeiro: Coleta de Planta + solo

***Abril: Coleta de solo

Fonte: A autora.

6.3 Avaliação de atividade microbiana do solo

As amostras de solo foram constituídas por subamostras (dentro da área de aplicação do composto e fora da área) coletadas anteriormente a semeadura e posteriormente a colheita da soja, na camada de 0 - 0,10 m para a realização das seguintes análises de atividade microbiana:

- Carbono da biomassa microbiana: Ferreira; Camargo e Vidor (1999).
- Hidrólise do diacetato de fluoresceína – FDA: Chein; Hoitink e Madden (1988).
- Respiração basal: Jenkinson e Powlson (1976).
- Nitrogênio da biomassa microbiana: Tedesco *et al.* (1995).
- Atividade da enzima desidrogenase: Van Os e Ginkel (2001).
- Fosfatase ácida, glicosidase e arilsulfatase: Tabatabai (1994).

Baseado na relação da respiração com carbono da biomassa, por meio de cálculos, foi obtido o quociente metabólico e com base no carbono orgânico do solo e foi calculado o coeficiente microbiano.

6.4 Avaliação de fitonematoides no solo e na raiz da soja

Para as avaliações nematológicas do solo e raiz foram obtidas por intermédio de amostras compostas por dez subamostras de cada unidade experimental, na camada de 0 – 0,20 m; em seguida, as raízes da soja foram coletadas em estágio reprodutivo (R2 - R6) e aos 80 dias após a implantação das culturas de entressafra.

De forma cautelosa, as amostras foram retiradas visando preservar as raízes secundárias e o solo agregado a elas, que foram encaminhadas ao laboratório.

O solo de cada amostra foi homogeneizado para a extração dos nematoides em uma alíquota de 100 cm³ ou 100ml/solo, por meio da metodologia de flotação centrífuga em solução de sacarose (Jenkins, 1964).

As raízes cuidadosamente foram lavadas, pesadas, homogeneizadas em cortes de pedaços de 2 cm, para extração dos nematoides, de acordo com o método proposto por (Coolen; D'herde, 1972).

Considerando o gênero e o número de nematoides fitopatogênicos, as amostras foram analisadas, juntamente com número de nematoides de vida livre. Por meio de uma câmara de Peters (lâmina de contagem de nematoides) em microscópio de luz com aumento de 10x) as amostras passaram por análise.

6.5 Análises de fertilidade do solo e fracionamento químico da matéria orgânica

Com as amostras coletadas para avaliação da atividade biológica foram realizadas as análises de fertilidade do solo de acordo com (Malavolta *et al.*, 1997) e do fracionamento químico da matéria orgânica do solo, com avaliação de substâncias húmicas, fúlvicas e huminas no solo de acordo com a metodologia de (Matos *et al.*, 2017) nos meses de abril pós-colheita da soja.

6.6 Avaliação da fauna do solo

Para a avaliação da fauna edáfica, as coletas foram realizadas após a colheita da soja, preferencialmente ao fim do período chuvoso. Essa escolha se deve à maior estabilidade na abundância dos organismos e à expectativa de elevada riqueza biológica nesse momento (Cunha Neto *et al.*, 2012). As amostras consistiram em monólitos de solo com dimensões de 25 x 25 cm e profundidade de 10 cm, extraídos

conforme o protocolo do Tropical Soil Biology and Fertility Institute (TSBF) (Anderson; Ingram, 1993). Após a extração, os organismos foram cuidadosamente triados com o auxílio de luz artificial, espátula e pinça. Todos foram conservados em álcool 80%, com exceção das minhocas, que foram fixadas em álcool 92,8%. “”

Em seguida, procedeu-se à identificação taxonômica dos grupos coletados e à quantificação dos organismos por metro quadrado (abundância). A diversidade biológica foi estimada por meio da riqueza de grupos, do índice de diversidade de Shannon (H'). O índice H' é calculado com base na proporção de indivíduos por táxon em relação ao total de organismos, atingindo seu valor máximo quando todos os grupos estão igualmente representados (Franco *et al.*, 2016).

6.7 Avaliação da produtividade da soja

A produtividade da soja foi determinada baseada em amostras selecionadas dentro da faixa do composto orgânico dentro das unidades experimentais, onde as amostras foram constituídas por quatro linhas de 5m representando 4,5 m² de área. As amostras coletadas em campo foram processadas por trilhadeira, acoplada na tomada de força de um trator.

Os grãos trilhados foram levados ao laboratório para a correção da umidade para 13%, em seguida foram calculadas as massas de 100 grãos e, por fim, a produtividade de grãos em quilogramas por hectare.

6.8 Análises estatísticas

Os dados foram analisados estatisticamente por análise variância e comparação por testes de médias. Foi utilizado o aplicativo AgroEstat (Barbosa; Maldonado Junior, 2015) para efetivação das análises.

7. RESULTADOS

7.1 Atividade microbiana do solo antes e depois do cultivo da soja

Na safra 2022/23 de acordo com a análise de variância apresentada na tabela 1, verificou-se que antes da semeadura da soja houve diferenças no carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração basal do solo (RBS), e da atividade enzimática arilsulfatase (ARIL) e hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) entre os tratamentos. Nessa safra após o cultivo da soja também foram encontradas diferenças significativas nos atributos de biomassa microbiana carbono da biomassa microbiana (CBMS), nitrogênio da biomassa do solo (NBMS) e atividade enzimática desidrogenase (DES), hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) e fosfatase ácida (FOSF) entre os tratamentos.

Tabela 1 — Análise de variância com os valores obtidos pelo teste F para a atividade enzimática microbiana do solo na safra 2022/23. Caiuá – SP.

Atividade microbiana do solo 2022 (Antes da soja)									
F. V	CBMS	NBMS	DES	RBS	ARIL	FDA	GLICO	FOSF	qCO ₂
Tratam	4,47*	1,37 ^{ns}	1,30 ^{ns}	13,8**	5,11*	4,90*	1,91 ^{ns}	0,89 ^{ns}	2,85 ^{ns}
Bloco	2,75 ^{ns}	0,35 ^{ns}	3,02 ^{ns}	0,55 ^{ns}	7,81*	11,1**	5,18*	4,29 ^{ns}	2,18 ^{ns}
CV (%)	18,13	35,1	20,7	13,7	22,8	25,0	24,7	21,0	24,9
Médias	90,9	6,86	7,96	0,04	70,31	70,09	137,3	112,6	0,04
Atividade microbiana do solo 2023 (Depois da soja)									
F. V	CBMS	NBMS	DES	RBS	ARIL	FDA	GLICO	FOSF	qCO ₂
Tratam	6,33*	7,27**	4,78*	0,90 ^{ns}	2,27 ^{ns}	8,64**	1,95 ^{ns}	8,15**	2,03 ^{ns}
Bloco	0,60 ^{ns}	6,83*	2,39 ^{ns}	0,29 ^{ns}	2,76 ^{ns}	3,91 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,45 ^{ns}
CV (%)	25,6	14,3	17,8	25,1	26,0	13,9	29,1	16,3	44,04
Médias	64,03	16,4	9,78	0,06	75,64	110,4	143,2	128,9	0,12

Fonte: A autora.

Legenda: CBMS: Carbono da biomassa microbiana do solo (mg.kg⁻¹); NBMS: Nitrogênio da biomassa microbiana do solo (mg.kg⁻¹); RBS: Respiração basal do solo (mg de CO₂ h⁻¹); DES: desidrogenase (ug de TTF/g); ARIL: arilsulfatase (mg p-nitrofenol kg⁻¹); FDA: Hidrólise do diacetato de fluoresceína (ug FDA hidrolisado/g); Fosfa: fosfatase ácida (mg p-nitrofenol kg⁻¹); Glico: glicosidase (mg p-nitrofenol kg⁻¹)

¹); qCO₂: Quociente metabólico (mg⁻¹.kg⁻¹.h⁻¹); ** Significativo a 1% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade. ns: Não significativo.

Verificou-se que a respiração do solo antes da semeadura da soja estava maior em todos os tratamentos com integração comparando-se ao pousio, mostrando maior metabolismo aeróbico no solo após a pastagem (Tabela 2). Com relação às atividades enzimáticas podem ser destacadas a maior da atividade da arilsulfatase na *U. brizantha* que recebeu o composto e na fosfatase ácida na *U. ruzizensis* que recebeu o composto, respectivamente, antes e depois da soja. Analisando-se o uso do composto nas duas espécies de capim verifica-se maior resposta positiva para o sistema com *U. brizantha* dentro das variáveis biológicas que apresentaram significância

Tabela 2 — Efeito da aplicação de composto orgânico em duas espécies de pastagem integrada com soja sobre a atividade enzimática do solo durante o cultivo da soja na safra 2022-2023.

Tratamento	2022 (antes da soja)				2023 (depois da soja)				
	CBMS	RBS	ARIL	FDA	CBMS	NBMS	DES	FDA	FOSF
Ruzi+composto	111,2 a	0,05 a	63,9 ab	68,7 ab	78,4 ab	15,9 ab	6,6 b	110,9 abc	213,7 a
Ruzi	108,9 ab	0,04 a	57,3 ab	53,3 ab	37,7 b	18,8 a	11,6 a	141,9 a	182,4 ab
Briz+composto	78,8 ab	0,05 a	94,6 a	101,1 a	90,5 a	16,2 ab	11,8 a	79,5 c	153,5 ab
Briz	64,0 b	0,04 a	89,5 ab	84,2 ab	73,4 ab	20,3 a	10,1 ab	129,9 c	148,3 ab
Pousio	90,0 ab	0,02 b	43,0 b	45,4 b	39,9 b	10,7 b	8,58 ab	89,7 bc	139,7 b

Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruzizensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruzizensis*, Briz+ composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. brizantha*, Pousio= soja-pousio.

**Letras minúsculas indicam diferença significativa entre os tratamentos. CBMS: Carbono da biomassa microbiana do solo (mg.kg-1); NBMS: Nitrogênio da biomassa microbiana do solo (mg.kg-1); RBS: Respiração basal do solo (mg de CO₂ h-1); DES: desidrogenase (ug de TTF/g); ARIL: arilsulfatase (mg p-nitrofenol kg-1); FDA: Hidrólise do diacetato de fluoresceína (ug FDA hidrolisado/g); Fosfa: fosfatase ácida (mg p-nitrofenol kg-1).

Na avaliação durante a safra 2023/24 verificou-se menor influência dos tratamentos empregados na atividade microbiana do solo em comparação à safra anterior, nas duas avaliações efetuadas, destacando-se o efeito pelo teste F aplicado nas atividades enzimáticas da glicosidase e fosfatase e na respiração do solo (Tabela

3). Pode ser verificado que o efeito de aumento da atividade da fosfatase ácida na avaliação antes da soja no tratamento *U. ruzizensis* que recebeu composto e na maior respiração basal do solo no tratamento pousio depois da soja (Tabela 4).

Tabela 3 — Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F de atividade enzimática microbiana do solo antes da semeadura da soja e depois da colheita na safra 2023/2024 em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária, Caiuá, SP.

Atividade microbiana do solo 2023 (Antes da soja)									
F. V	CBMS	NBMS	DES	RBS	ARIL	FDA	GLICO	FOSF	qCO ²
Tratam	0,63 ^{ns}	3,30 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,13 ^{ns}	3,17 ^{ns}	1,26 ^{ns}	3,84*	4,87*	1,13 ^{ns}
Bloco	0,45 ^{ns}	3,11 ^{ns}	9,42 ^{**}	2,09 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,28 ^{ns}	3,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,24 ^{ns}
CV (%)	49,8	24,11	23,22	19,34	29,05	19,39	20,79	14,23	57,96
Médias	84,45	12,28	3,01	0,03	83,2	115,6	174,8	167,5	0,05
Atividade microbiana do solo 2024 (Depois da soja)									
F. V	CBMS	NBMS	DES	RBS	ARIL	FDA	GLICO	FOSF	qCO ²
Tratam	1,35 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,40 ^{ns}	4,47*	1,95 ^{ns}	0,88 ^{ns}	7,85**	11,0**	2,74 ^{ns}
Bloco	1,02 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,88 ^{ns}	28,0 ^{**}	5,65 [*]	8,40 [*]	1,26 ^{ns}
CV (%)	19,33	33,44	27,74	17,6	33,82	17,05	22,03	13,89	18,08
Médias	136,2	11,37	4,06	0,05	82,14	63,05	100,9	167,8	0,04

Fonte: A autora.

CBMS: Carbono da biomassa microbiana do solo (mg.kg⁻¹); NBMS: Nitrogênio da biomassa microbiana do solo (mg.kg⁻¹); RBS: Respiração basal do solo (mg de CO₂ h⁻¹); DES: desidrogenase (ug de TTF/g); ARIL: arilsulfatase (mg p-nitrofenol kg⁻¹); FDA: Hidrólise do diacetato de fluoresceína (ug FDA hidrolisado/g); Fosfa: fosfatase ácida (mg p-nitrofenol kg⁻¹); Glico: glicosidase (mg p-nitrofenol kg⁻¹); qCO₂: Quociente metabólico (mg⁻¹.kg⁻¹.h⁻¹); ** Significativo a 1% de probabilidade. * Significativo a 5% de probabilidade. ns: Não significativo.

Tabela 4 — Efeito do uso de composto em duas espécies de braquiária sobre a atividade enzimática microbiana do solo em 2023, antes da semeadura da soja, e em 2024, após a colheita da soja. Caiuá – SP.

Tratamento	2023 antes		2024 depois		
	FOSF	GLICO	RBS	GLICO	FOSF
Ruzi+composto	213,7 a	109,7 ab	0,05 b	109,7 ab	123,5 bc

Ruzi	182,4 ab	157,9 a	0,05 ab	154,9 a	223,7 a
Briz+composto	153,5 ab	84,4 b	0,05 b	86,4 b	120,1 c
Briz	148,3 ab	88,1 b	0,06 ab	88,1 b	188,9 ab
Pousio	139,7 b	62,4 b	0,08 a	62,4 b	182,7 abc

Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruziziensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruziziensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio..

**Letras minúsculas indicam diferença significativa entre os tratamentos RBS: Respiração basal do solo (mg de CO₂ hora-1; FOSF: fosfatase ácida (mg p-nitrofenol kg-1 solo x hora-1); GLICO: glicosidase (mg p-nitrofenol kg-1 solo x hora-1). ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (p<0,01). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (p<0,05). ns: Não significativo.

7.2 Avaliação de fertilidade do solo antes e após cultivo da soja

De acordo com a análise de variância apresentada (tabela 5) observou-se que pelo teste F (p<0,05) houve significância na avaliação de potássio no solo entre os tratamentos antes da semeadura da soja. Após o plantio da soja em 2023 o atributo matéria orgânica do solo (MOS) também apresentou valor de F significativo.

Tabela 5 — Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da fertilidade do solo na profundidade de 10 cm² antes da semeadura da soja e depois da colheita na safra 2022/2023, em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária, localizado na área experimental no município de Caiuá – SP.

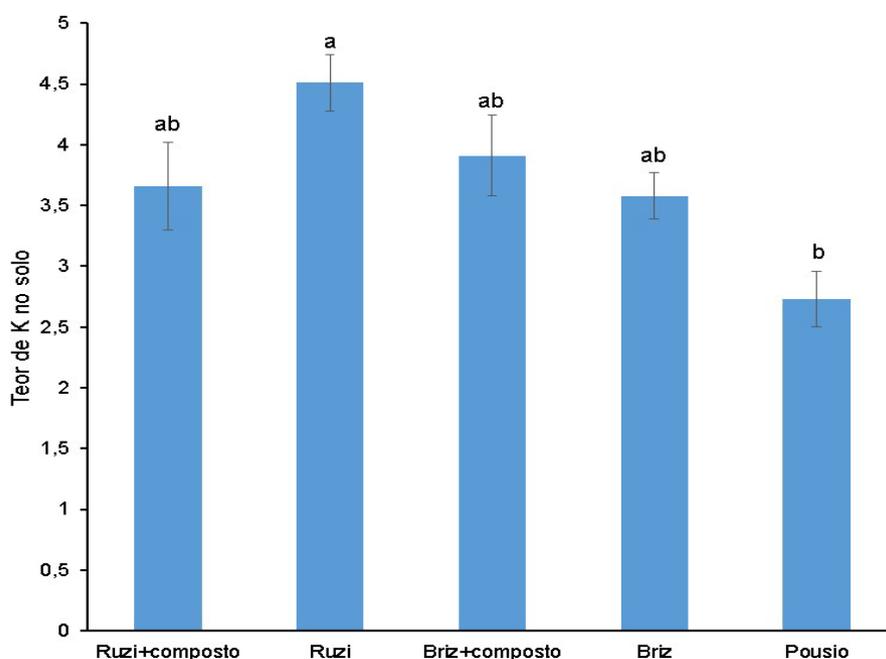
Fertilidade do solo 2022 (Antes da soja)										
F. V	pH	M.O	P	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Tratam	0,68 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,47 ^{ns}	4,13*	0,27 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Bloco	4,79*	0,65 ^{ns}	6,21*	3,46 ^{ns}	4,58*	2,91 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,62 ^{ns}	4,09 ^{ns}
CV (%)	6,05	16,65	25,0	17,7	14,9	24,2	26,8	22,4	15,1	12,0
Médias	5,29	15,0	40,5	17,6	3,68	16,9	8,13	28,7	46,4	61,3
Fertilidade do solo 2023 (Depois da soja)										
F. V	pH	M.O	P	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Tratam	2,60 ^{ns}	5,93*	1,16 ^{ns}	1,70 ^{ns}	1,93 ^{ns}	2,11 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,97 ^{ns}	2,59 ^{ns}
Bloco	2,95 ^s	2,35 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,77 ^{ns}	3,00 ^{ns}
CV (%)	5,19	11,1	27,2	16,3	29,7	22,5	29,7	23,8	16,1	9,93
Médias	5,54	15,1	27,7	16,0	2,4	19,5	9,8	31,6	47,7	65,3

Fonte: A autora.

Legenda: ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). ns: Não significativo.

De maneira geral o sistema de integração lavoura pecuária tem proporcionado maior concentração de potássio no solo antes da soja, comparado ao pousio, mesmo considerando-se que o sistema tem absorção desse elemento pelas plantas cultivadas o ano inteiro (Figura 2). Destacando-se nesse quesito como aumento de forma significativa apenas o tratamento com a *U. ruzizensis* que apresentou teor desse elemento cerca de 60% maior do que o encontrado no pousio.

Figura 3 — Teor de potássio (K) disponível no solo antes da semeadura da soja em 2022. Caiuá, SP

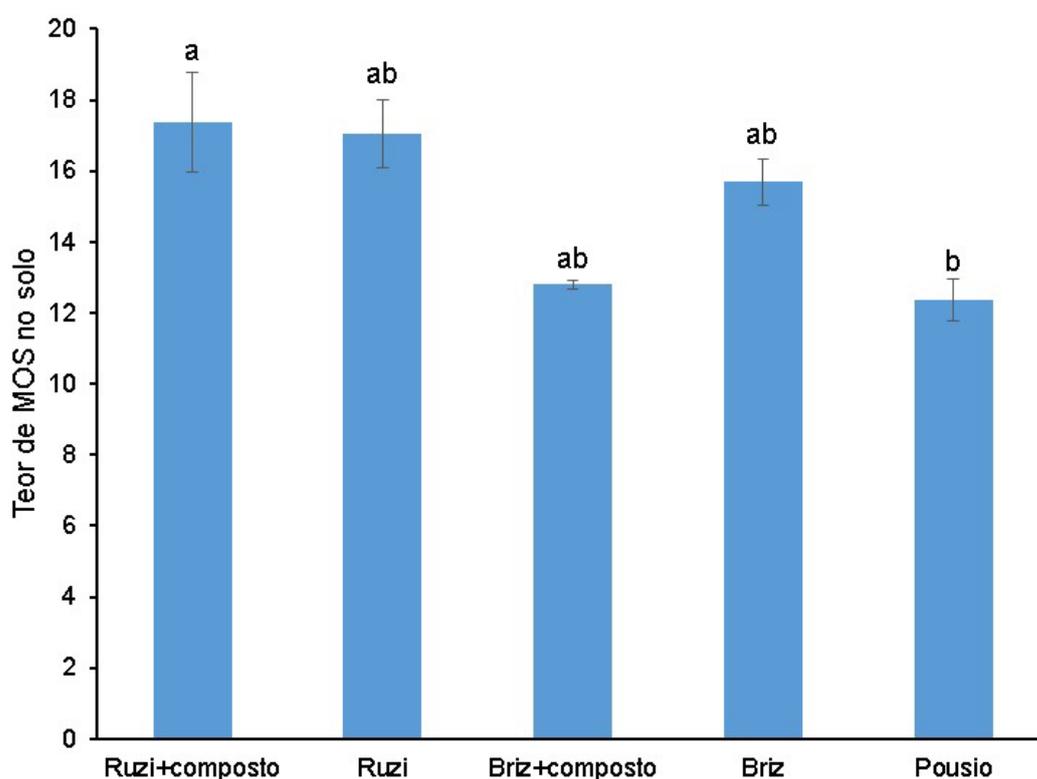


Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruzizensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruzizensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

No tocante ao acúmulo de matéria orgânica do solo, após a soja verificou-se também melhores desempenhos dos tratamentos dentro de sistemas integrados com destaque significativo para o tratamento com composto orgânico aplicado no sistema com *U. ruzizensis* (Figura 3)

Figura 4 — Avaliação de matéria orgânica do solo (MOS) após o cultivo da soja em 2023. Caiuá – SP



Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruziziensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruziziensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na safra 2023/24 observou-se que antes a semeadura da soja em 2023 houve valores de F significativos nos atributos de cálcio e magnésio do solo e após a semeadura da soja obteve valores significativos nos atributos potássio (K) e capacidade de troca catiônica (CTC) no solo (Tabela 6). De maneira geral, observa-se que as médias dos atributos de fertilidade de solo, antes da soja, foram menores aos valores de 2022 (Tabela 5).

Tabela 6 — Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F da fertilidade do solo na profundidade de 10 cm² antes da semeadura da soja e depois da colheita na safra 2023/2024, em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária. Caiuá – SP.

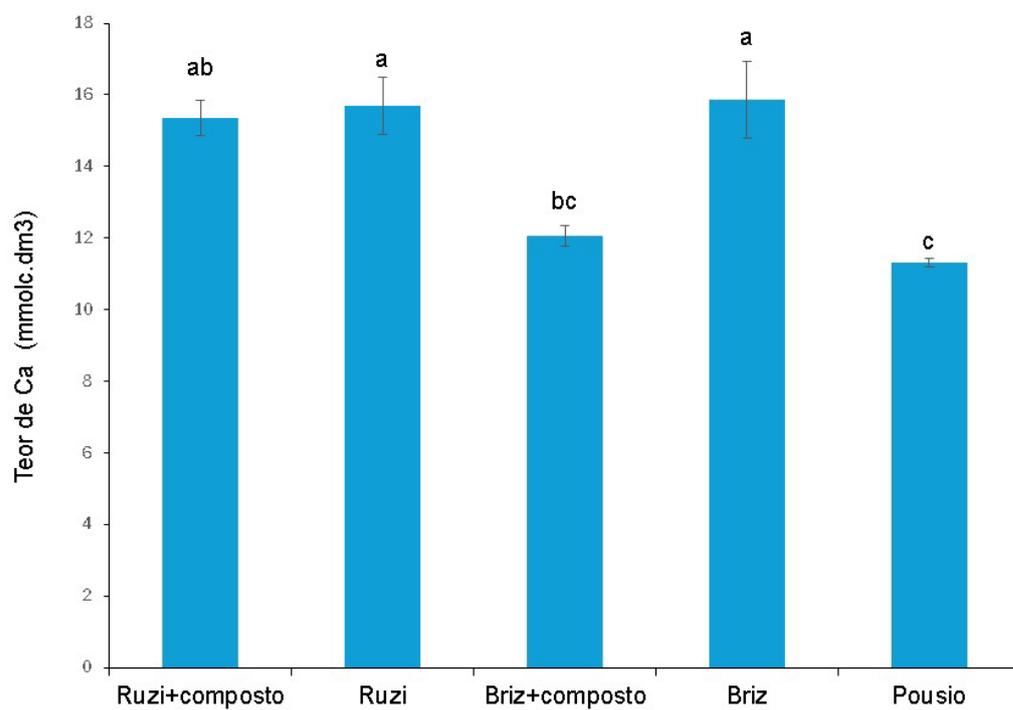
Fertilidade do solo 2023 (Antes da soja)										
F. V	pH	M.O	P	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Tratam	0,01 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,40 ^{ns}	8,98**	4,00*	0,50 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Bloco	0,73 ^{ns}	2,91 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,06 ^{ns}	1,93 ^{ns}	2,62	2,56 ^{ns}	2,36 ^{ns}	1,23 ^{ns}
CV (%)	26,41	15,34	19,40	10,59	42,75	9,01	19,43	21,88	15,15	11,43
Médias	5,44	11,74	18,53	15,38	2,80	14,06	6,68	25,12	41,09	60,10
Fertilidade do solo 2024 (Depois da soja)										
F. V	pH	M.O	P	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Tratam	0,14 ^{ns}	3,79 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,97 ^{ns}	4,29*	1,22 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,44 ^{ns}	4,90*	0,19 ^{ns}
Bloco	1,42 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,49 ^{ns}	2,10 ^{na}	0,15 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,08 ^{ns}
CV (%)	5,08	13,56	57,42	13,20	21,79	15,00	28,36	19,25	8,31	12,30
Médias	5,3	13,27	37,19	16,34	3,02	13,29	7,18	23,50	39,84	58,10

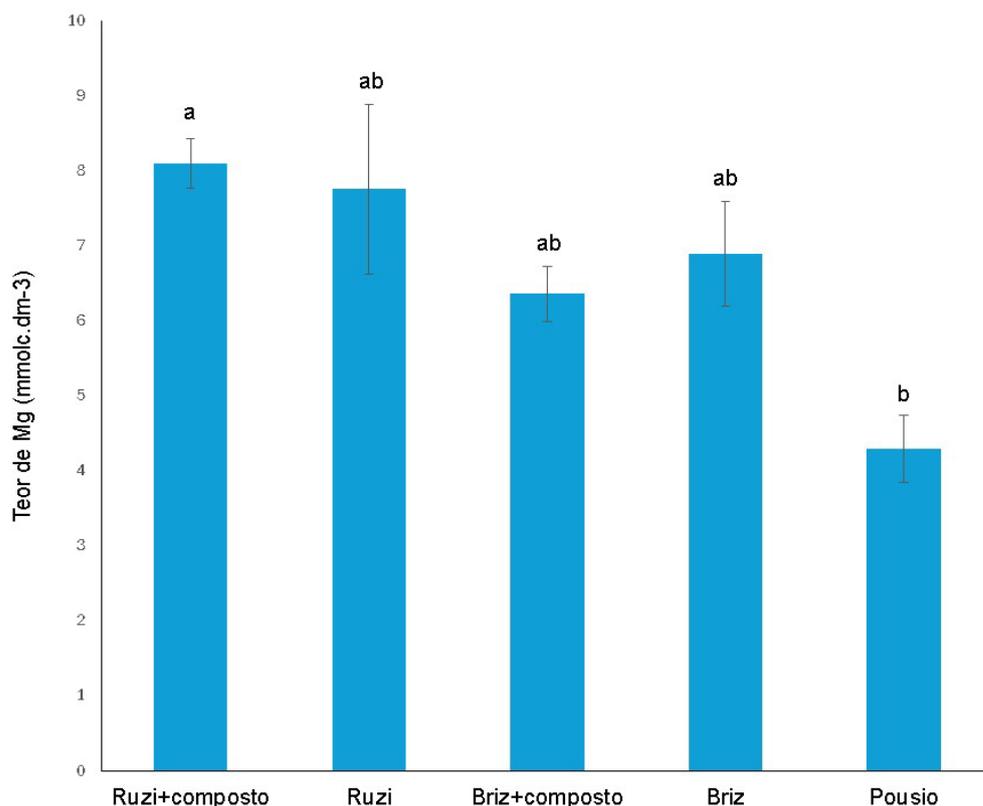
Fonte: A autora

Legenda: ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). ns: Não significativo.

Verifica-se na figura 4 que ocorreu ganhos no Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) no tratamento *U. ruzizensis* que recebeu composto, e na figura 5 o aumento positivo de potássio (K) e na CTC do solo em 2023/2024, após o cultivo da soja, com significância nos resultados apresentados pelo tratamento com *U. brizantha* em comparação ao pousio.

Figura 5 — Avaliação de Cálcio e Magnésio no solo na profundidade de 10 cm² antes do cultivo da soja em 2023. Caiuá – SP

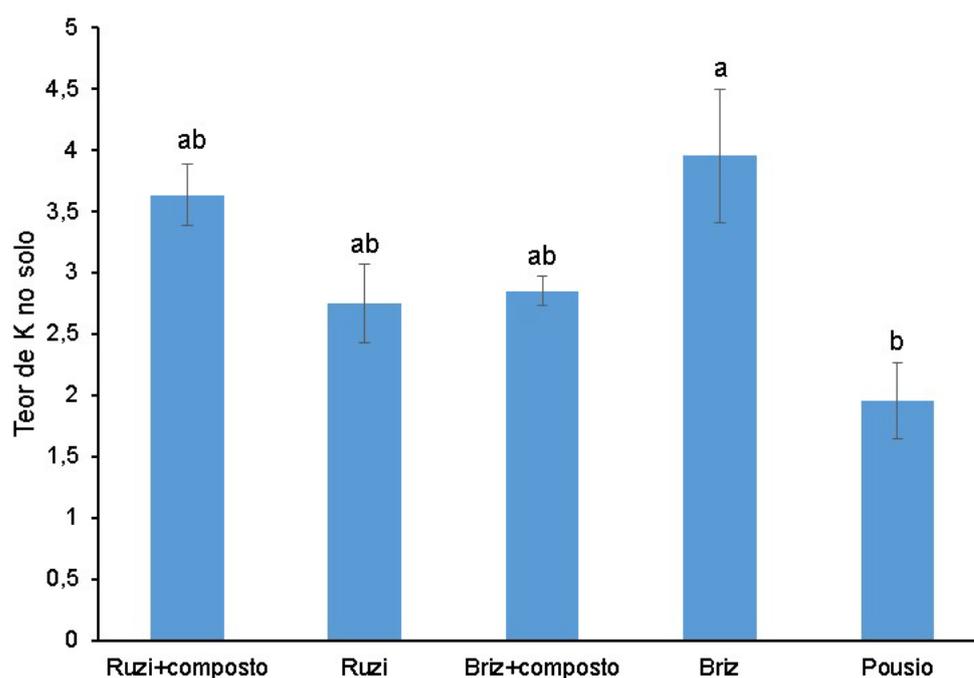


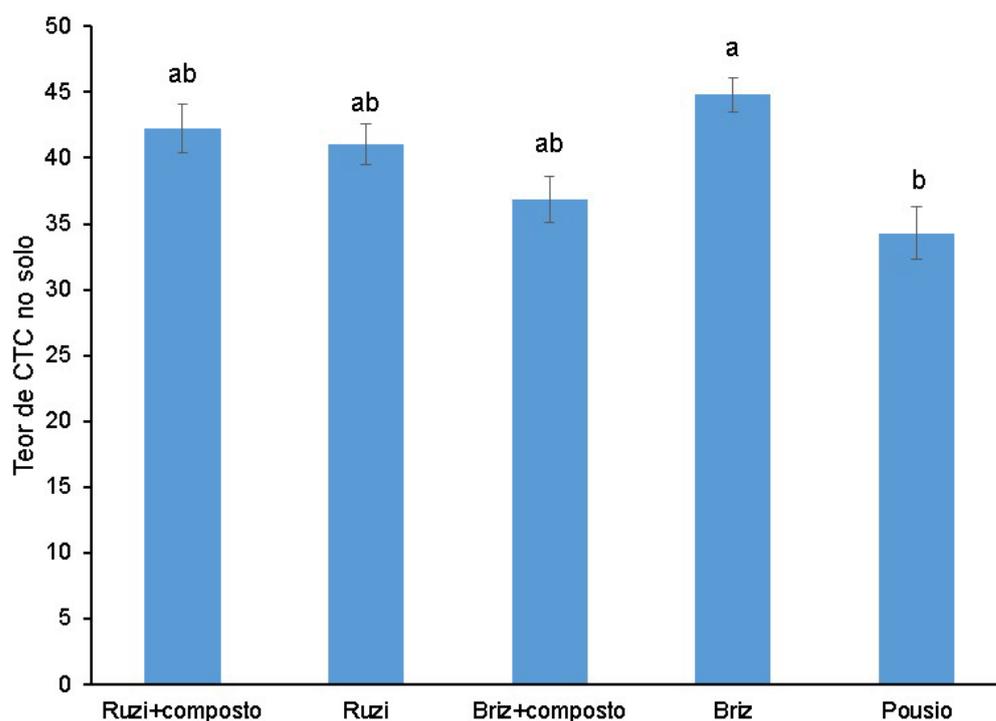


Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruziziensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruziziensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Figura 6 — Avaliação de potássio (K) e capacidade de troca catiônica (CTC) no solo na profundidade de 10 cm² após cultivo da soja em 2024. Caiuá – SP.





Fonte: A autora

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruzizensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruzizensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

7.3 Avaliação de nematoides do solo antes e durante o cultivo da soja

Na tabela 7 tem se o resumo das análises de variância dos resultados encontrados nas duas safras de soja avaliadas, onde verificou-se que houve valores de F significativos dentro da avaliação da comunidade de *Helicotylenchus* spp no solo, no ano de 2023 durante o cultivo da soja. De forma geral encontrou-se valores reduzidos de fitonematoides no solo apenas encontrou-se valores mais expressivos de *Helicotylenchus* spp. Neste sentido, verificou-se que houve redução da ordem de 80% na ocorrência de espécies de *Helicotylenchus* nas áreas que receberam composto em ambas as espécies de capim (Figura 6).

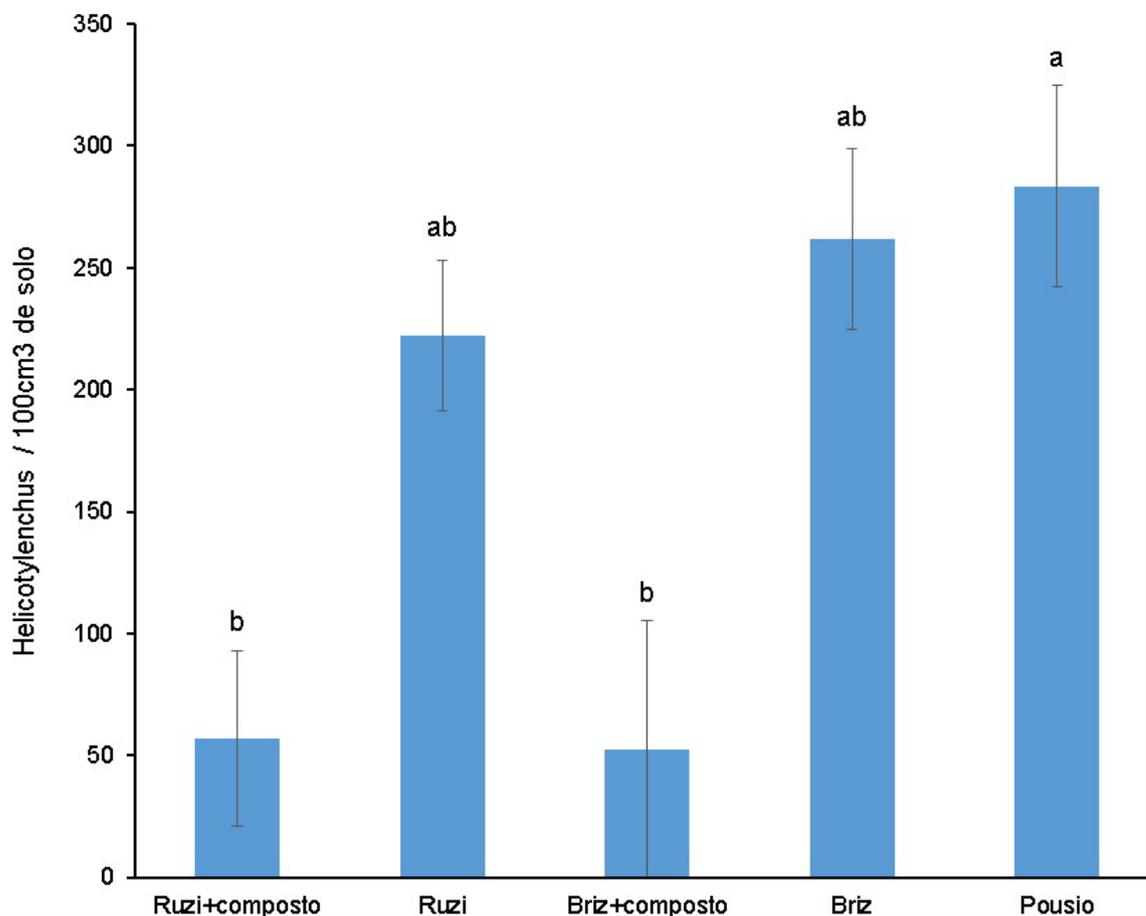
Tabela 7 — Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F de ocorrência de nematoides no solo (Indivíduos por 100 cc de solo) antes da semeadura e durante o cultivo da soja nas safras 2022/2023 e 2023/2024, em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária. Caiuá – SP.

		-----2022 (antes da soja)-----			-----2023 (durante a soja)-----		
F. V.	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	Vida livre	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	Vida livre	
Tratam	1,85 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,14 ⁿ s	1,32 ^{ns}	6,24*	1,99 ^{ns}	
Bloco	0,94 ^{ns}	0,74*	0,88 ⁿ s	0,01 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,63 ^{ns}	
CV (%)	73,2	66,4	48,7	125,6	44,4	66,2	
Médias	42,43	49,3	105,6	47,5	175,4	488,9	
		-----2023 (antes da soja)-----			-----2024 (durante da soja)-----		
F. V.	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	Vida livre	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	Vida livre	
Tratam	1,07 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,85 ⁿ s	1,98 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,13 ^{ns}	
Bloco	0,60 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,70 ⁿ s	2,66 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,75 ^{ns}	
CV (%)	136,6	64,6	54,4	119,0	55,9	99,3	
Médias	20,3	49,2	72,6	4,93	156,9	23,4	

Fonte: A autora.

Legenda: ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). ns: Não significativo.

Figura 7 — Avaliação de *Helicotylenchus* spp. no solo durante cultivo da soja em 2023. Caiuá – SP.



Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruzizensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruzizensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

7.4 Avaliação de nematoides da raiz da soja durante cultivo da soja.

Observa-se que houve valor de F significativo na avaliação de *Pratylenchus* spp. na raiz de soja entre os tratamentos na safra ano de 2022/23. Já na safra de 2023/24 não se obteve diferenças significativas pelo teste de F (Tabela 8). Verificou-se que o uso do composto no sistema com *U. ruzizensis* foi decisivo para redução em quase 50% da incidência de *Pratylenchus* nas raízes de soja, comparado ao uso da espécie sem o composto (Figura 7).

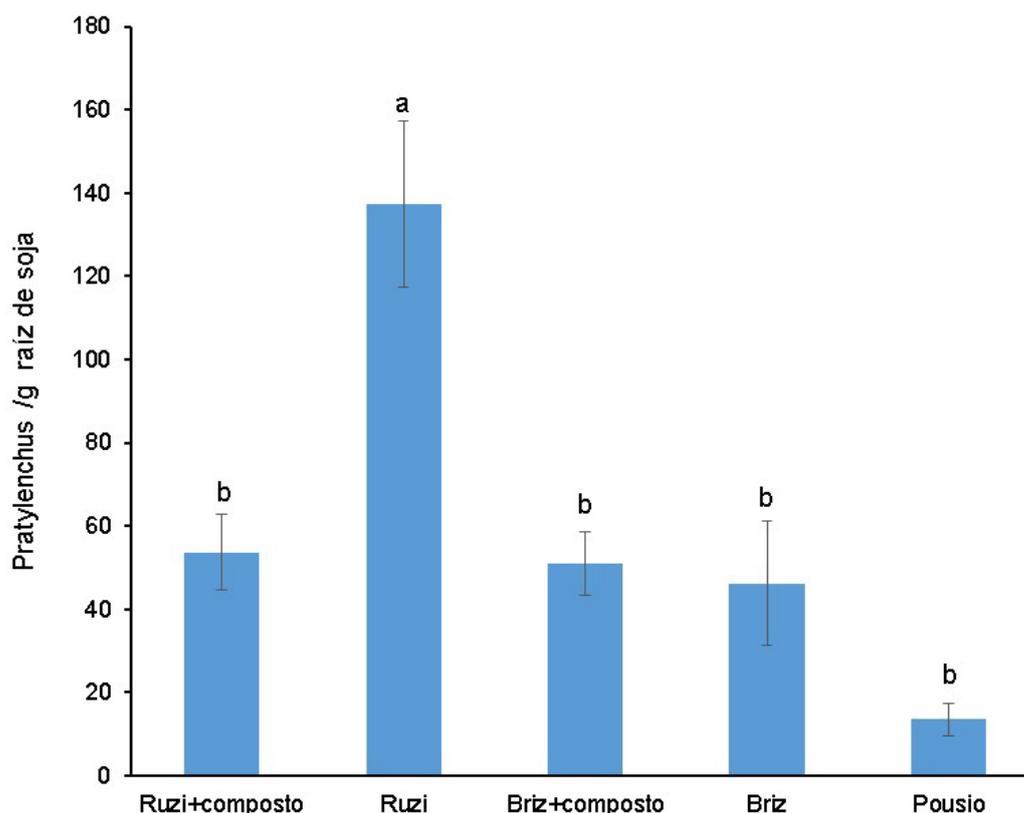
Tabela 8 — Resumo da análise de variância com valores obtidos pelo teste F de nematoides na raiz da soja coletadas em janeiro durante a semeadura da soja nos anos de 2023 e 2024, em função da aplicação de composto em áreas de integração lavoura pecuária, localizado na área experimental no município de Caiuá – SP.

F. V.	-----2022/2023 -----		-----2023/2024-----	
	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>
Tratam	10,14**	1,27 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Bloco	0,17 ^{ns}	3,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,28 ^{ns}
CV (%)	40,31	107,04	50,75	138,24
Médias	5,9	0,8	210,3	3,9

Fonte: A autora.

Legenda: ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$) . * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). ns: Não significativo.

Figura 8 — Avaliação de *Pratylenchus* spp em raiz da soja em 2023. Caiuá – SP.



Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruziziensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruziziensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

7.5 Avaliação de ácidos húmicos após o cultivo da soja.

De acordo com o teste F realizado com os resultados dos ácidos orgânicos das frações fúlvicas, húmica e humina do solo, obtidos nos anos de 2023 e 2024 considerando duas espécies de capim com e sem composto, verificou-se valores de F significativos apenas no segundo ano de avaliação (Tabela 9). Na avaliação realizada em 2024 ocorreu acúmulo de ácidos húmicos e fúlvicos no sistema de integração com a presença de *U. ruziziensis* que recebeu a aplicação de composto orgânico (Figura 10). Indicando-se efeito acumulativo dessas substâncias no solo.

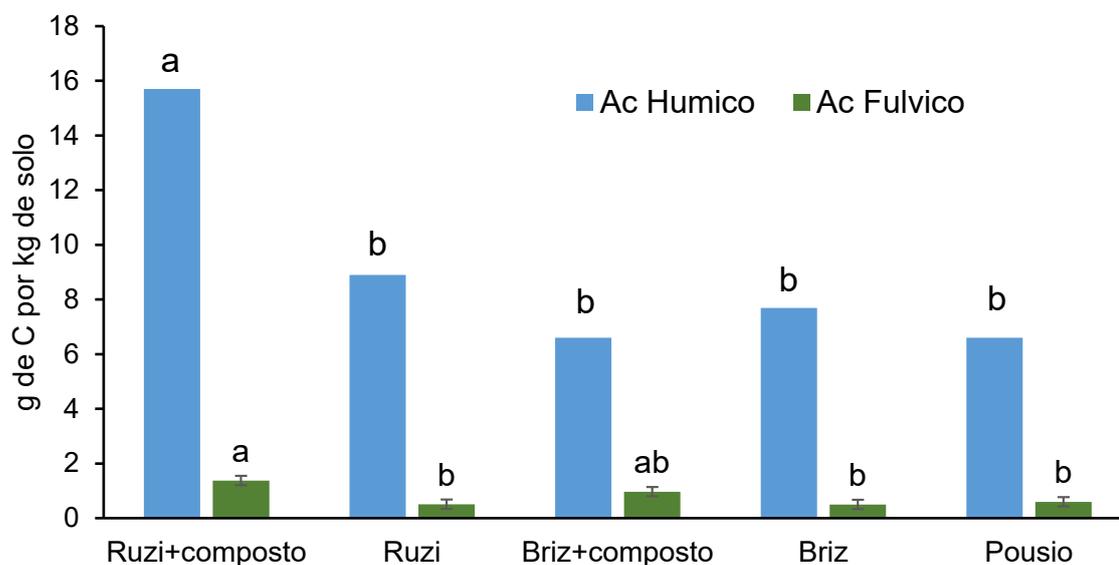
Tabela 9 — Resumo da análise de variância pelo teste F em resultados obtidos com frações fúlvica, húmica e humina do solo depois da soja nos anos de 2023 e 2024 em função da aplicação de composto em áreas de integração. Caiuá, SP.

F. V.	-----2023-----			-----2024-----		
	Fração Fúlvica	Fração Húmica	Fração Humina	Fração Fúlvica	Fração Húmica	Fração Humina
Tratam	1,79ns	2,35ns	0,82ns	10,4**	7,75**	0,82ns
Bloco	0,53ns	1,51ns	0,43ns	0,94ns	0,44	0,43ns
CV (%)	46,16	32,18	73,68	25,5	24,8	73,68
Médias	0,73	8,70	1,76	0,79	9,24	1,76

Fonte: A autora.

Legenda: ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$) . * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). ns: Não significativo.

Figura 9 — Atributos ácidos fúlvicos e húmicos no solo após da soja no ano de 2024.



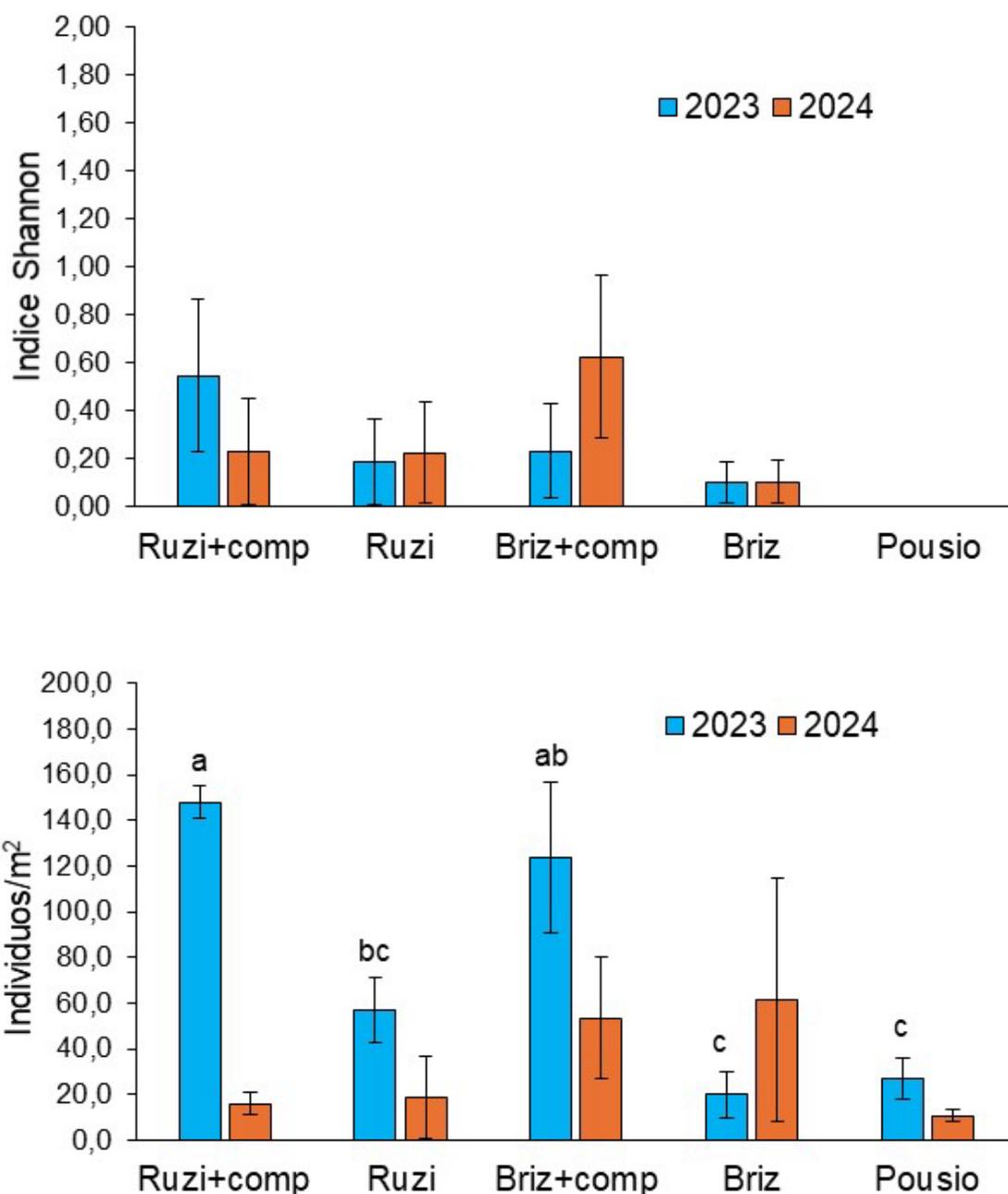
Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruziziensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruziziensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

7.6 Avaliação de Fauna edáfica do solo

Na figura 11 verifica-se o impacto da aplicação de composto orgânico sobre a diversidade (A) e abundância (B) da fauna edáfica em sistemas de integração lavoura pecuária com *Urochloa ruziziensis* (Ruzi) e *Urochloa brizantha* (Briz), no ciclo 2023/2024. Inicialmente pode ser verificada ausência de diversidade no tratamento pousio onde apenas foi observado indivíduos da ordem coleoptera (besouros). Nos demais tratamentos encontrou-se índices baixos de diversidade mas, com grande variabilidade nos dados encontrados, onde verifica-se que os tratamentos com adição de composto, valores de diversidade próximos de 0,6 o que representou agrupamento taxonômico em até quatro ordens. No tocante ao número de indivíduos na macrofauna do solo (Fig 11), verificou-se em 2023 valores significativamente maiores nos tratamentos de cada espécie de forrageira com composto comparando-se ao sem composto e também ao pousio. Isto evidencia a influência positiva do uso do composto orgânico na atividade da fauna do solo.

Figura 10 — Efeito do uso de composto orgânico em sistemas de integração lavoura pecuária com *U. Ruziziensis* (Ruzi) e *U. brizantha* (Briz) sobre a diversidade (A) e abundância (B) da fauna no solo.



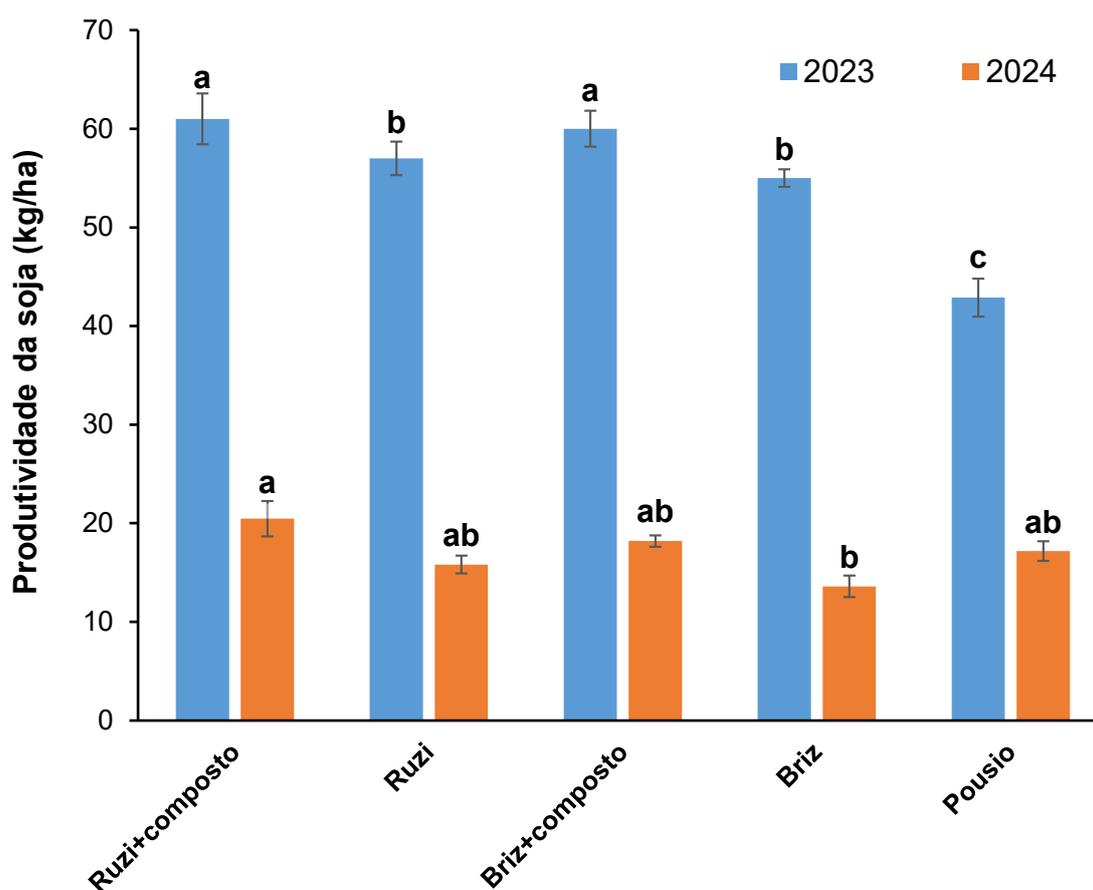
Fonte: A autora.

Legenda: Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruziziensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruziziensis*, Briz+composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

7.7 Avaliação de Produtividade da soja

Na avaliação efetuada nas duas safras de soja conduzidas na área experimental verificou-se efeito mais pronunciado e significativo no primeiro ano do estudo quando comparados os sistemas integrados ao sistema de pousio (Figura 12). No segundo ano, houve impacto no rendimento da cultura decorrente de condições adversas do clima com forte restrição hídrica (Figura 2). Os resultados encontrados revelam o melhor desempenho para aumento na produtividade da soja nos sistemas Soja – *Urochloa ruzizensis* e Soja – *Urochloa Brizantha* que receberam composto orgânico.

Figura 11 — Valores significativos na produtividade da soja nas safras de 2022/2023 e 2023/2024.



Fonte: A autora.

Ruzi + composto = Integração soja-*U. ruzizensis*, Ruzi = Integração soja-*U. ruzizensis*, Briz+ composto = Integração soja-*U. brizantha*, Briz= Integração soja-*U. Brizantha*, Pousio= soja-pousio. Letras iguais não representam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

8 DISCUSSÃO

A integração lavoura pecuária (ILP) tem avançado nas áreas de produção de grãos, como as de soja, sendo considerado como prática que contribui para o aumento da sustentabilidade (Soares *et al.*, 2019). Entretanto, a adoção de novas ações sustentáveis, como o uso da compostagem, que possibilita a reciclagem de resíduos orgânicos, podem melhorar o desempenho desse sistema. O uso de compostos orgânicos na agricultura também tem favorecido ao aumento da matéria orgânica com diversificação na bioquímica e microbiologia do solo (Goldan *et al.*, 2023). Verificou-se nesse estudo também aumento da matéria orgânica do solo, principalmente, nas áreas com *U. ruzizensis* que receberam composto no primeiro ano de estudo em comparação ao pousio. Mas, foram constatadas poucas alterações significativas no perfil de fertilidade de solo que pode ser devido as doses reduzidas do composto orgânico estabelecidas nesse estudo, esses resultados eram de certa forma esperados em razão da baixa taxa de aplicação adotada. Pode ser destacado o aumento do teor de matéria orgânica no primeiro ano e de magnésio no solo, no segundo ano de avaliação no sistema com *U. ruzizensis*.

A aplicação de compostos orgânicos em integração lavoura pecuária (ILP) pode aumentar significativamente a atividade microbiana e bioquímica no solo, principalmente ativando os ciclos de nutrientes e controlando patógenos (Oliveira *et al.*, 2023). Em solos manejados com composto orgânico na ILP, têm-se observado aumentos significativos na funcionalidade microbiana como quantificados pelas atividades enzimáticas indicando maior funcionalidade biológica do solo (Barbosa *et al.*, 2023). Esses aumentos não apenas refletem maior atividade da biomassa microbiana, mas também um aumento na diversidade, o que reduz a prevalência de patógenos e melhora a resiliência do solo (Balota *et al.*, 1998).

Tanto no primeiro ano de cultivo de soja (safra 2022/23) quanto no segundo período (2023/24), foram constatados aumentos de atividades enzimáticas após o cultivo da soja, destacando-se a desidrogenase, arilsulfatase, hidrólise do diacetato de fluoresceína, fosfatase ácida e glicosidase quando se aplicou o composto no solo. Estes aumentos têm sido encontrados em outros estudos com aplicação de compostos em dosagens mais elevadas (Vinhai-Freitas *et al.* 2010; Sekaran; Kumar; Gonzalez-Hernandez, 2021) também demonstraram um aumento na produção dessas enzimas utilizando apenas a ILP. De forma geral, as enzimas sintetizadas em

destaque participam na oxidação biológica de matéria orgânica desidrogenase e na liberação de carboidratos glicosidase, íons ortofosfato de ésteres de fosfato orgânico fosfatase e sulfato arilsulfatase no solo (Martínez *et al.*, 2008).

O aumento da fosfatase ácida pode indicar uma predominância de fungos micorrízicos arbusculares, uma vez que são sintetizados principalmente por esses microrganismos (Hallama *et al.*, 2019). A enzima glicosidase pode ter o aumento atribuído à maior rotatividade de matéria orgânica do solo (MOS), cuja atuação reflete na rotatividade lábil do C orgânico (Sekaran; Kumar; Gonzalez-Hernandez, 2021; Damian *et al.*, 2021) O incremento da atividade da enzima desidrogenase é um indicador eficaz da atividade microbiana, refletindo a totalidade da atividade oxidativa da microflora do solo, uma vez que está presente exclusivamente em células viáveis (Borase *et al.*, 2020). A enzima arilsulfatase disponibiliza enxofre para plantas e microrganismos (Khadem; Besharati; Khalaj, 2019).

O aumento da atividade de diacetato de fluoresceína (FDA) pode ser associado ao composto orgânico adicionado, uma vez que pode ter sido incrementado maiores concentrações de proteases e lipases no solo, as quais são responsáveis pela hidrólise de proteínas e lipídios que auxiliam na liberação aminoácidos e outros compostos nitrogenados (Lopes *et al.*, 2021).

Avaliando a dinâmica de fitonematoides no solo encontrou-se no primeiro ano do experimento, que os sistemas integrados, que receberam a aplicação do composto orgânico proporcionaram redução de *Helicotylenchus* no solo (Figura 8). Esse gênero tem sido considerado um potencial parasita da no Brasil (Camatti *et al.*, 2023). Seus danos secundários se dão através de associações com outros nematoides e também contribuem para a entrada de fungos e bactérias patogênicos através das feridas que criam nos sistemas radiculares (Schmitt *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2022; Gava *et al.*, 2020; Leiva *et al.*, 2020; Mbatyoti *et al.*, 2020). Também pode ser destacado que neste mesmo ano de avaliação também se verificou redução pronunciada de *Pratylenchus* na raiz de soja no sistema com *U. ruzizensis* que recebeu a aplicação do composto (Figura 9). Isto pode ser considerado como de grande importância em razão de ser a *U ruzizensis* a espécie de pastagem mas utilizada nos sistemas integrados no Brasil, como também considerada como boa hospedeira de *Pratylenchus* spp (Inomoto *et al.*, 2007). As braquiárias possuem resistência a nematoides de galhas e cistos, todavia, tem se revelado suscetíveis a nematoides de lesões (Queiroz *et al.*, 2014). Isto demonstra que a adição matéria orgânica no solo, além de melhorar as características

químicas e físicas do solo, aumenta o efeito supressor do solo sobre os nematoides (Dias-Arieira *et al.*, 2021).

O controle de nematoides em compostos à base de esterco é atribuído à presença de ácidos graxos voláteis (AGVs), gerados por comunidades microbianas durante o processo de decomposição (Brinton, 1998). Cole *et al.* (2020) apresentou um declínio significativo na população *Pratylenchus penetrans* utilizando compostos orgânicos, atrelando o efeito a presença de AGVs, concentrações de amônia, organismos biológicos antagônicos ou uma combinação dos mesmos. Sabe-se que a aplicação de compostos orgânicos pode aumentar a biodiversidade microbiana do solo (Zhen *et al.*, 2014) aumentando com a quantidade de espécies microbianas que possam antagonistas aos nematoides (Goldan *et al.*, 2023).

O uso do composto orgânico como condicionador do solo reflete na melhoria da atividade biológica no solo, propiciando um ambiente propício a fungos que podem suprimir nematoides fitoparasitas e beneficiar os nematoides de vida livres/benéficos. (Liebig *et al.*, 2020; Quist *et al.*, 2019; Qiu *et al.*, 2020). Então essa prática pode complementar os benefícios pelo o uso de sistemas integrados, proporcionando também o aumento de matéria orgânica do solo ao longo do tempo (Nascente; Stone, 2018). A aplicação de composto orgânico no solo pode atuar de várias maneiras na supressão de fitonematoides, como produção de ácidos graxos voláteis e amônia decorrentes do aumento da atividade microbiana e também da presença de inimigos naturais pela biodiversidade encontrada no composto orgânico (Cole *et al.*, 2020; Mills Price; Fillmore, 2020). Outro fato importante para aumento de controle de nematoides em áreas que recebem composto tem sido a presença de compostos fenólicos no composto, onde já foi comprovado que algumas moléculas desse grupo têm grande potencial para agirem como nematicidas (Aissani; Balti; Sebai, 2018)

No tocante a avaliação das frações húmica e fúlvicas, ambas apresentaram resultados maiores no solo após o plantio da soja no ano de 2024, utilizando *Urochloa ruziziensis* com adição de composto orgânico (Figura 10). (Benites *et al.* 2003) verificaram que a compostagem aumentou em mais de 100% a formação de ácidos húmicos e de 10% a formação de ácidos fúlvicos corroborando com os resultados encontrados nesse estudo. Outro relato que pode estar relacionado a maior abrangência da fração húmica pode ser explicado pela interação das gramíneas com as partículas minerais, no qual contribui para o aumento na qualidade de matéria

orgânica incorporada ao solo, enriquecendo as frações mais humificadas (Pinheiro *et al.*, 2003).

No presente estudo, a análise da fauna edáfica em 2023 mostrou maior ocorrência de indivíduos, dentro das ordens avaliadas, nos sistemas integrados que receberam composto. Isto mostra que a aplicação de composto pode ser uma ação positiva para recuperação desse compartimento biológico do solo, conforme já relatado por (Emmerling *et al.*, 2010). Por outro lado, observou-se que o tratamento soja-pousio apresentou ausência de diversidade pelo índice de Shannon e número reduzido de indivíduos na fauna do solo, o que causa grande preocupação para esse sistema de monocultivo. Essa constatação encontrada na avaliação da soja-pousio pode estar relacionada ao tipo de manejo adotado, caracterizado pela falta de cobertura vegetal (palhada) sobre o solo. De acordo com (Portilho *et al.*, 2011), a ausência de palhada compromete a oferta de micro-habitats e recursos alimentares para os organismos do solo, impactando negativamente a atividade biológica. Isso pode justificar os baixos indicadores ecológicos observados, uma vez que a cobertura vegetal desempenha papel essencial na proteção e sustentação da fauna edáfica.

Em relação à produtividade da soja, observou-se, na safra 2022/2023, maior desempenho nos sistemas integrados com aplicação de composto orgânico, tanto em *Urochloa ruziziensis* quanto em *Urochloa brizantha*. Entretanto, na safra 2023/2024, o desempenho dos tratamentos foi severamente afetado pelo déficit hídrico (Figura 1), que comprometeu o rendimento final da soja. O aumento de rendimento da soja encontrado com aplicação de compostos em dose reduzida reforça a tese que isto ocorreu pelos benefícios indiretos proporcionados no condicionamento do solo, pois aumentos de rendimento de soja pelo uso de composto como fonte de nutrientes têm sido encontrado usando doses acima de 20 toneladas por hectare (Smiciklas *et al.*, 2013).

Os estudos com aplicação de composto orgânico na agricultura têm sido em sua maioria estabelecidos para fornecimento de nutrientes as plantas, o que devido a baixa concentração de nutrientes no material e necessidade da mineralização dos mesmos tem preconizado taxas de aplicação geralmente acima de 5,0 toneladas chegando a valores de 80 toneladas por hectare (Maucieri; Barco; Borin, 2019; Lee, 2012; Goldan *et al.*, 2023). A proposta desse estudo foi de aplicação de dose baixa de composto no solo (2,0 toneladas.ha⁻¹) como estratégia principal de condicionamento do solo com menor fornecimento de nutrientes ao sistema. Dentro

dessa proposta encontrou-se vários benefícios nos compartimentos biológicos e de fertilidade do solo representado por melhorias em diversos atributos avaliados e controle de fitonematoides.

O uso de baixa dose de composto nas áreas de ILP mostrou-se eficaz no condicionamento do solo, promovendo o aumento da matéria orgânica, a atividade microbiana, a melhoria da composição das substâncias húmicas e o controle de nematoides. Esses fatores podem ter contribuído para o incremento do rendimento da soja no sistema, especialmente nas integrações com *Urochloa ruziziensis* e *Urochloa Brizantha*. Tem sido enfatizado-se que a redução da matéria orgânica do solo frequentemente resulta em menor atividade biológica do solo e deterioração das propriedades físicas e químicas, levando gradualmente à perda da fertilidade do solo e à redução da produção agrícola (Liu *et al.*, 2006). Os resultados encontrados com o uso de composto orgânico, em sistemas ILP, podem contribuir para consolidar como a melhor alternativa para os sistemas, pois essas espécies tem sido as mais utilizadas na ILP em razão, boa cobertura do solo (Pacheco *et al.*, 2008). Este estudo também sugere que possam existir outros benefícios que ainda não foram detectados dentro da mudança no ambiente proporcionado pela adição do composto orgânico no solo. Dessa forma são necessários outros estudos que possam fornecer novos subsídios para isto.

9 CONCLUSÕES

- A aplicação de composto orgânico nos sistemas integrados proporcionou controle de *Helicotylenchus* no solo e *Pratylenchus* na raiz de soja em sucessão a *U. ruzizensis*.
- O rendimento da soja foi superior nos sistemas integrados que receberam composto orgânico associado ao cultivo de *Urochloa ruzizensis* e *Urochloa Brizantha*.
- A atividade enzimática do solo, matéria orgânica e concentração de ácidos húmicos foi incrementada nas áreas de aplicação do composto orgânico.
- O uso de composto orgânico no solo aumentou a abundância de indivíduos da fauna no solo.

REFERÊNCIAS

- AISSANI, N.; BALTI, R.; SEBAI, H. Potent nematicidal activity of phenolic derivatives on *Meloidogyne incognita*. **Journal of Helminthology**, v. 92, n. 6, p. 668–673, 2018. DOI: 10.1017/S0022149X17000918.
- AIYSHA, D.; LATIF, Z. Insights of organic fertilizer micro flora of bovine manure and their useful potentials in sustainable agriculture. **Plos one**, v. 14, n. 12, p. e0226155, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0226155.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, JOHN S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993. DOI:10.2307/2261129.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (*q*CO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993. DOI: 10.1016/0038-0717(93)90140-7.
- ANDRADE, C. A. O.; BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P.; AVANZI, J.C.; GUARDA, V.D.A.; CUNHA, M.K.; SILVA, R.R.; FIDELIS, R.R. Forage production and bromatological composition of forage species intercropped with soybean. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 1, p. 84–94, 2020. DOI: 10.5539/jas.v12n1p84.
- ARÉVALO, E. Z.; BALIGAR, B.; BALEY, B.; CANTO, M. Dinámica poblacional de nematodos asociados al sistema de cultivo tradicional de cacao en la Amazonia Peruana. **Journal of Contributions**, v. 2, 2016. DOI: 10.6084/m9.figshare.3187695.v2.
- ASHRAF, M. N.; WAQAS, M. A.; RAHMAN, S. Microbial metabolic quotient is a dynamic indicator of soil health: trends, implications and perspectives. **Eurasian Soil Science**, v. 55, n. 12, p. 1794-1803, 2022. DOI: 10.1134/S1064229322700119.
- BALBINOT JUNIOR., A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DICKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009. DOI: 10.1590/S0103- 84782009005000107.
- BALIN, N. M.; BIANCHINI, C.; ZIECH, A. R. D.; LUCHESE, A. V.; ALVES, M. V.; CONCEIÇÃO, P. C. Fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo para produção de cucurbitáceas. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 74-84, 2017. DOI: 10.5380/rsa.v18i3.52133.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998. DOI: 10.1590/S0100-06831998000400009.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, p. 15–20, 2003. DOI: 10.1007/s00374-003-0590-9.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396 p., 2015.

BARBOSA, J. Z.; POGGERE, G.; CORRÊA, R. S.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de C. Soil enzymatic activity in Brazilian biomes under native vegetation and contrasting cropping and management. **Applied Soil Ecology**, v. 190, p. 105014, 2023. DOI: 10.1016/j.apsoil.2023.105014.

BASU, S.; KUMAR, G.; CHHABRA, S.; PRASAD, R. Role of soil microbes in biogeochemical cycle for enhancing soil fertility. *In*: VERMA, J. P.; MACDONALD, C. A.; GUPTA, V. K.; PODILE, A. R. (ed.). **New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering**. Inglaterra: Elsevier, 2021. p. 149–157. DOI: 10.1016/B978-0-444-64325-4.00013-4.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p.687-694, 1999. DOI: 10.1590/S0100-06831999000300023.

BENITES, V. de M.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. de A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, 2003.

BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 14-28, 2015.

BONETTI, J. A.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; CAETANO, J. O. Soil physical and biological properties in an integrated crop-livestock system in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 53, n. 11, p. 1239-1247, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018001100006.

BORASE, D. N.; NATH, C. P.; HAZRA, K. K.; SENTHILKUMAR, M.; SINGH, S. S.; PRAHARAJ, C. S.; SINGH, U.; KUMAR, N. Long-term impact of diversified crop rotations and nutrient management practices on soil microbial functions and soil enzymes activity. **Ecological Indicators**, v. 114, 106322, 2020. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106322.

BORGES, F. G.; BATTISTUS, A. G.; MULLER, M. A.; MIORANZA, T. M. e KUHN, O.J. Manejo alternativo de nematoides de galha (*Meloidogyne incógnita*) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, suplemento, p. 425-433, 2013. DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v12nsupp425-433.

BREWER, K. M.; MUÑOZ-ARAYA, M.; MARTINEZ, I.; MARSHALL, K. N.; GAUDIN, A. C. M. Long-term integrated crop-livestock grazing stimulates soil ecosystem carbon flux, increasing subsoil carbon storage in California perennial agroecosystems. **Geoderma**, v. 438, e116598, 2023. DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116598.

BRINTON, WILLIAM F. Volatile organic acids in compost: production and odorant aspects. **Compost Science & Utilization**, v. 6, n. 1, p. 75-82, 1998.

BUCHANAN, M.; KING, L. D. Seasonal fluctuations in soil microbial biomass carbon, phosphorus and activity in no-till and reduced-chemical-input maize agroecosystems. **Biology and Fertility of Soils**, v. 13, n. 4, p. 211-217, 1992. DOI: 10.1007/BF00340578.

CAMATTI, J. F.; DAMACENO, C. L.; SANTOS, K. V. B.; FILÓ, V. M.; FERREIRA FILHO, B. A.; SILVA, E. H. Distribuição e quantificação de gêneros de fitonematoides em áreas submetidas ao sistema de integração lavoura-pecuária. **Anais da 15ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, Palmas, TO, 2024.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, p. 259-273, 2010. DOI: 10.1007/s10705-010-9360-x.

CATANI, L.; MANACHINI, B.; GRASSI, E.; GUIDI, L.; SEMPRUCCI, F. Essential oils as nematicides in plant protection — a review. **Plants**, v. 12, n. 6, p. 1418, 2023. DOI: 10.3390/plants12061418.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p.133-142, 1990

CHAPIN, F. S.; SCHULZE, E.; MOONEY, H. A. Biodiversity and ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 4, p. 107-108, 1992. DOI: DOI: 10.1016/0169-5347(92)90141-W.

CHEIN, W.; HOITINK, H. A. J.; MADDEN, L. V. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v. 78, n. 11, p. 1447-1450, 1988.

CHEN, Z.; WANG, H.; LIU, X.; ZHAO, X.; LU, D.; ZHOU, J.; LI, C. Changes in soil microbial community and organic carbon fractions under short-term straw return in a rice-wheat cropping system. **Soil and Tillage Research**, v. 165, p. 121-127, 2017. DOI: 10.1016/j.still.2016.07.018.

CHEN, Z.; LEFFLER, A. J. Soil basal respiration and nitrogen mineralization from C3 and C4 grass dominated plant communities respond differently to temperature and soil water variation. **Journal of Arid Environments**, v. 224, p. 105235, 2024. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2024.105235.

CHERTOV, O. G.; NADPOROZHSKAYA, M. A. Humus Forms in Forest Soils: Concepts and Classifications. **Eurasian Soil Science**, v. 51, n. 10, p. 1142-1153, 2018. DOI: 10.1134/S1064229318100022.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008. DOI: 10.1080/07352680802333904.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1055–1064, 2002. DOI: 10.1590/S0100-06832002000400023.

COLE, E.; PU, J.; CHUNG, H.; QUINTANILLA, M. Impacts of manures and manure-based composts on root lesion nematodes and *Verticillium dahliae* in Michigan potatoes. **Phytopathology**, v. 110, n. 6, p. 1226–1234, 2020. DOI: 10.1094/PHYTO-11-19-0419-R.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos Safra 2022/23, 7º Levantamento**. 2023.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005. DOI: 10.1590/S0100-06832005000500013.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972. 77 p.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; JÚNIOR, G. B. M. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15–53, 2015.

COSTA, L. C.; TAVANTI, R.F. R, TAVANTI, T. R.; PEREIRA, C. S. Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis*. **Nativa**, v. 7, n. 2, p. 126-132, 2019. DOI: 10.31413/nativa.v7i2.6261.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; Lima, C. G. R.; castilhos, A. M.; SOUZA, D. M.; BONINI, C. S. B.; PARIZ, C. M. Yield and nutritive value of the silage of corn intercropped with tropical perennial grasses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 1, p. 63–73, 2017. DOI: 10.1590/S0100-204X2017000100008.

COTRUFO, M. F.; RANALLI, M. G.; HADDIX, M. L.; SIX, J.; LUGATO, E. Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter. **Nature Geoscience**, v. 12, n. 12, p. 989- 994, 2019. DOI: 10.1038/s41561-019-0484-6.

CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MARTINS, P. O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisadegrass cover crops. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2271–2280, 2015. DOI: 10.2134/agronj14.0603.

CUNHA NETO, F. V. D.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; LELES, P. S. D. S. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1407-1417, 2012. DOI: 10.1590/s0100-06832012000500004.

DAMIAN, J. M.; MATOS, E. S.; CARNEIRO E PEDREIRA, B.; CARVALHO, P. C. F.; SOUZA, A. J.; ANDREOTE, F. D.; PREMAZZI, L. M.; CERRI, C. E. P. Pastureland intensification and diversification in Brazil mediate soil bacterial community structure changes and soil C accumulation. **Applied Soil Ecology**, v. 160, 103858, 2021. DOI: 10.1016/j.apsoil.2020.103858.

DAS, S. K.; VARMA, A. Role of enzymes in maintaining soil health. *In*: SHUKLA, G.; VARMA, A., (ed.). **Soil Enzymology**. Soil Biology, v. 22. Berlin; Heidelberg: Springer, 2010. DOI: 10.1007/978-3-642-14225-3_2.

DIAS, M. B. C.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E.C.; BILEGO, U.; LOURIVAL, V.; SOUZA, W. F.; OLIVEIRA, I. P.; SILVA, A. C. G. Cattle performance with *Brachiaria* and *Panicum maximum* forages in an integrated crop-livestock system. **African Journal of Range and Forage Science**, v. 39, n. 2, p. 230–243, 2021. DOI: 10.2989/10220119.2021.1901311.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. D. S. **Nematóides em soja**: identificação e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Circular técnica, n. 76).

DIAS-ARIEIRA, C. R.; ARAÚJO, F. G.; KANEKO, L.; SANTIAGO, D. C. Biological control of *Pratylenchus brachyurus* in soya bean crops. **Journal of Phytopathology**, v. 166, n. 10, p. 722–728, 2018. DOI: 10.1111/jph.12755.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; CECCATO JÚNIOR, F.; MARINELLI, E. Z.; VECCHI, J. L. B.; ARIEIRA, G. O.; SANTANA-GOMES, S. M. Correlations between nematode numbers, chemical and physical soil properties, and soybean yield under different cropping systems. **Rhizosphere**, v. 19, e100386, 2021. DOI: 10.1016/j.rhisph.2021.100386.

DICK, R. P.; BREACKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. *In*: DORAN, J. W.; JONES, A. J., (ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.247-271. (SSSA Special Publication, 49). DOI: 10.2136/sssaspecpub49.c15.

DONG, H. Y.; KONG, C. H.; WANG, P.; HUANG, Q. L., Temporal variation of soil friedelin and microbial community under different land uses in a long-term agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 69, p. 275–281, 2014. DOI:10.1016/j.soilbio.2013.11.016.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A., (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. v. 35, cap. 1, p. 1-21. DOI: 10.2136/sssaspepub35.c1.

DUFF, S. M.; SARATH, G.; PLAXTON, W. C. The role of acid phosphatases in plant phosphorus metabolism. **Physiologia Plantarum**, v. 90, n. 4, p. 791–800, 1994. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1994.tb02539.x.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Adubação orgânica: conceitos e benefícios para a agricultura sustentável. Brasília, DF: **Embrapa**, 2022.

EMMERLING, C.; UDELHOVEN, T.; SCHNEIDER, R. Long-lasting impact of biowaste-compost application in agriculture on soil-quality parameters in three different crop-rotation systems. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 173, n. 3, p. 391–398, 2010. DOI: 10.1002/jpln.200900348.

EKSCHMITT, K.; BAKONYI, G.; BONGERS, M.; BONGERS, T.; BOSTRÖM, S.; DOGAN, H.; HARRISON, A.; NAGY, P.; O DONNELL, A. G.; PAPTAEODOROU, E. M.; SOHLENIUS, B.; STAMOU, G. P.; WOLTERS, V. Nematode community structure as indicator of soil functioning in European grassland soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 37, n. 4, p. 263-268, 2001. DOI: 10.1016/S1164-5563(01)01095-0.

ESPERSCHÜTZ, J.; GATTINGER, A.; MÄDER, P.; SCHLOTER, M.; FLIESSBACH, A. Response of soil microbial biomass and community structures to conventional and organic farming systems under identical crop rotations. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 61, n. 1, p. 26–37, 2007. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2007.00318.x

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; VALLE, C. B.; NANTES, N. N. Animal performance and sward characteristics of two cultivars of *Brachiaria brizantha* (BRS Paiaguás and BRS Piatã). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 85-92, 2016. DOI: 10.1590/S1806-92902016000300001.

FALL, A. F.; NAKABONGE, G.; SSEKANDI, J.; FOUNOUNE-MBOUP, H.; APORI, S. O.; NDIAYE, A.; BADJI, A.; NGOM, K. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility: contribution in the improvement of physical, chemical, and biological properties of the soil. **Frontiers in Fungal Biology**, v. 3, 723892, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/ffunb.2022.723892>.

FEBRAPDP. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/download/area-PD-Brasil-e-estados.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p.991-996, 1999. DOI: 10.1590/S0100-06831999000400026.

FIERER, N. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. **Nature Reviews Microbiology**, v. 15, p. 579–590, 2017. DOI: 10.1038/nrmicro.2017.87.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 907–916, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000300032.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of Organic Nutrient Pools in Tropical SemiArid Soils under Subsistence Farming. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 215-224, 2004. DOI: 10.2136/sssaj2004.2150.

FRAZÃO, Joaquim José; LAVRES JUNIOR, José; BENITES, Vinícius de Melo. Mudanças nas frações lábeis de fósforo no solo em função da aplicação de fertilizantes minerais e organominerais fosfatados. In: **SISTEMAS DE PRODUÇÃO NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS**. Ponta Grossa, PR: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2021. p. 1–324. doi:10.22533/at.ed.16821180214.

FIGUEIRA, A. F.; BERBARA, R. L. L.; PIMENTEL, J. Pedro. Estrutura da população de nematoides do solo em uma unidade de produção agroecológica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 223-229, 2011. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i2.4716.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H. CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p.1131-1138, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015001200002.

FRANCO, A. L. C.; BARTZ, M. L. C.; CHERUBIN, M. R.; BARETTA, D.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; WALL, D. H.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Loss of soil (macro)fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. **Science of The Total Environment**, v. 563–564, p. 160–168, 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.116.

FREIXO, A. A., CANELLAS, L. P.; MACHADO, P. L. O. A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregados de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.445-453, 2002. DOI: 10.1590/S0100-06832002000200018.

GARCIA, C. M. D. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S. M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, v. 73, p. 143-152, 2014. DOI: 10.1590/brag.2014.016.

GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1489, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010001200021.

GAVA, R.; SILVA, T. R.; COTRIM, M. F.; ABREU, A. B. L.; ANSELMO, J. L.; TEODORO, P. E. Irrigation management in soybean crops influences the occurrence of nematodes in the soil. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 5, 2020. DOI: 10.14393/BJ-v36n5a2020-48197.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 693-704, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n2p693.

GEORGE, T. S.; TURNER, B. L.; GREGORY, P. J.; CADE-MENUN, B. J.; RICHARDSON, A. E. Depletion of organic phosphorus from Oxisols in relation to phosphatase activities in the rhizosphere. **European Journal of Soil Science**, v. 57, n. 1, p. 47-57, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2006.00767.x.

GÓES, Q. R. D.; FREITAS, L. D. R.; LORENTZ, L. H.; VIEIRA, F. C. B.; WEBER, M. A. Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 123-144, 2021. DOI: 10.5902/1980509832130.

GOLDAN, E.; NEDEFF, V.; BARSAN, N.; CULEA, M.; PANAINTE-LEHADUS, M.; MOSNEGUTU, E.; TOMOZEI, C.; CHITIMUS, D.; IRIMIA, O. Assessment of manure compost used as soil amendment — a review. **Processes**, v. 11, n. 4, p. 1167, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr11041167>.

GOMES, L. S. P.; BRAZ, T. G. S.; MOURTHÉ, M. H. F.; PARAÍSO, H. A.; PIRES NETO, O. S.; SILVA, F. E. G.; FERREIRA, L. R. P.; ALMEIDA, B. Q. Níveis de substituição de ureia por esterco bovino na adubação de capim-marandu. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 384-395, 2018. DOI: 10.19084/RCA17272.

GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematóides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados. Documentos, 219).

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 74, p.367-375, 1994. DOI: 10.4141/cjss94-051.

GUERRA, W. E. X. **Manejo de solo sob pastagem antecedendo o cultivo da soja em sistema semeadura direta e integração lavoura-pecuária**. 2017. 145 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2017.

HARGREAVES, J. C.; ADL, M. S.; WARMAN, P. R. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 123, p. 1-14, 2008

HENNING, A. A.; ALMEIDA, Á. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 256).

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p. (Embrapa Soja. Documentos, 349).

HO, A.; DI LONARDO, D. P.; BODELIER, P. L. Revisiting life strategy concepts in environmental microbial ecology. **FEMS microbiology ecology**, v. 93, n. 3, p. fix006, 2017. DOI: 10.1093/femsec/fix006.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U. B.; MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in Northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 86, n. 3, p. 263-275, 2001. DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00288-7.

INÁCIO, C. T. Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo. Circular Técnica Embrapa Solos, no 46. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2010. 7 p.

INÁCIO, C. de T.; MILLER, P. R. M. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2009. Livro.

INÁCIO, C. T. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. 2010. **Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)** – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

INOMOTO, M. M.; MACHADO, A. C. Z.; ANTEDOMENICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 1073–1079, 2007. doi:10.1590/S0100-06832007000400009.

INSAM, H. Developments in soil microbiology since the mid 1960s. **Geoderma**, v. 100, n. 3-4, p. 389-402, 2001. DOI: 10.1016/S0016-7061(01)00029-5.

JANSSON, J. K.; HOFMOCKEL, K. S. Soil microbiomes and climate change. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, p. 35–46, 2020. DOI: 10.1038/s41579-019-0265-7.

JANZEN; H. H.; CAMPBELL, C. A.; BRANDT, S. A; LAFOND, G. P.; SMITH, L. T. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 6, p.1799-1806, 1992. DOI: 10.2136/sssaj1992.03615995005600060025x.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692, 1964.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. *In*: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (org.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. p. 415-471.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil: a method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976. DOI: 10.1016/0038-0717(76)90005-5.

JIANG, S.; HUANG, J.; LU, H.; LIU, J.; YAN, C. Optimisation for assay of fluorescein diacetate hydrolytic activity as a sensitive tool to evaluate impacts of pollutants and nutrients on microbial activity in coastal sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 110, n. 1, p. 424-431, 2016. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.031.

KARA, O.; BAYKARA, M. Changes in soil microbial biomass and aggregate stability under different land uses in the northeastern Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 6, p. 3801-3808, 2014. DOI: 10.1007/s10661-014-3658-0.

KARLEN, D. L.; EASH, N. S.; UNGER, P. W. Soil and crop management effects on soil quality indicators. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.7, p.48-55, 1992. DOI: 10.1007/s10661-014-3658-0.

KHADEM, A.; BESHARATI, H.; KHALAJ, M. A. Biochar application changed arylsulfatase activity, kinetic and thermodynamic aspects. **European Journal of Soil Biology**, v. 95, p. 103134, 2019. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2019.103134.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHKEKI, A.; MAHALLATI, M. N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 25-31, 2013. DOI: 10.1016/j.still.2013.04.008.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2013. DOI: 10.5902/223611706430.

KONONOVA, M. M. **Soil organic matter**: its nature, its role in soil formation and in soil fertility. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1966. 544 p.

KREWER, D. A.; ABREU, M. D.; PINHEIRO, S. M.; CERQUEIRA, V. S.; SCHIEDECK, G. Easy-to-obtain biological soil quality indicators for monitoring agroecological corn cultivation. **Revista Caatinga**, v. 37, e11395, 2024. DOI: 10.1590/1983-21252024v37i11395rc.

LAL, R. Soil health and carbon management. **Food and Energy Security**, v. 5, n. 4, p. 212-222, 2016. DOI: 10.1002/fes3.96.

- LAROCA, J. V. S.; SOUZA, J. M. A.; PIRES, G. C.; PIRES, G. J. C.; PACHECO, L. P.; SILVA, F. D.; WRUCK, F. J.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, L. S.; SOUZA, E. D. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1248-1258, 2018. DOI: 10.1590/S0100-204X2018001100007.
- LEE, J. Evaluation of composted cattle manure rate on bulb onion grown with reduced rates of chemical fertilizer. **HortTechnology**, v. 22, n. 6, p. 798–803, 2012. DOI: 10.21273/HORTTECH.22.6.798.
- LEIVA, N. P. F.; MELO, S. S.-G.; ZABINI, A. V.; VELÁZQUEZ, L. M. G.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Soil chemical properties and their relationship with phytonematode populations inside and outside patches of soybean fields. **Rhizosphere**, v. 15, e100231, 2020. DOI: 10.1016/j.rhisph.2020.100231.
- LIEBIG, M. A.; FAUST, D. R.; ARCHER, D. W.; KRONBERG, S. L.; HENDRICKSON, J. R.; TANAKA, D. L. Integrated crop-livestock effects on soil carbon and nitrogen in a semiarid region. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 3, n. 1, p. e20098, 2020. DOI: 10.1002/agg2.20098.
- LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. D.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 33-44, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000100004.
- LI, Y.; CHANG, S. X.; TIAN, L.; ZHANG, Q. Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbon and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 121, p. 50-58, 2018. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.02.024.
- LIU, X.; HERBERT, S. J.; HASHEMI, A. M.; ZHANG, X. F.; DING, G. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – a review. **Plant, Soil and Environment**, v. 52, n. 12, p. 531-543, 2006.
- LOCATELLI, J. L.; SANTOS, R. S.; CHERUBIN, M. R.; CERRI, C. E. P. Changes in soil organic matter fractions induced by cropland and pasture expansion in Brazil's new agricultural frontier. **Geoderma Regional**, v. 28, 2022. DOI: 10.1016/j.geodrs.2021.e00474.
- LOPES, É. M. G.; REIS, M. M.; FRAZÃO, L. A.; TERRA, L. E. M.; LOPES, E. F.; SANTOS, M. M.; FERNANDES, L. A. Biochar increases enzyme activity and total microbial quality of soil grown with sugarcane. **Environmental Technology & Innovation**, v. 21, p. 101270, 2021. DOI: 10.1016/j.eti.2020.101270.
- LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v.1, n. 1, p.57-64, 2010a.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, v. 69, p. 913-922, 2010b. DOI: 10.1590/S0006-87052010000400018.

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, E. F.; MERCANTE, F. M.; SERRA, A. P.; PEIXOTO, P. P. P.; SEREIA, R. C.; ENSINAS, S. C.; NETO, A. L. N. Agricultural management systems affect on physical, chemical and microbial soil properties. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 5, p. 683–692, 2016. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.05.p7410.

LUNDQUIST, E. J.; JACKSON, L. E.; SCOW, K. M.; HSU, C. Changes in microbial biomass and community composition, and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of Rye into three California agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.221- 236, 1999. DOI: 10.1016/S0038-0717(98)00093-5.

MACÊDO, A. J. S.; EDVAN, R. L.; SANTOS, E. M.; SOARES, M. D. N. Adubação orgânica em pastagens tropicais: revisão. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 19, p. 1-19, 2018.

MACHADO, L. A. Z.; CECATO, U.; COMUNELLO, E.; CONCENÇO, G.; CECCON, G. Estabelecimento de forrageiras perenes em consórcio com soja, para sistemas integrados de produção agropecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 7, p. 521–529, 2017. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2017.v52.23485.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000400010.

MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, E. M. R. Sistemas integrados de produção agrícola e pecuária: impactos na qualidade do solo e na sustentabilidade. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 240, p. 69–79, 2017.

MARCHÃO, R. L.; BUSSINGUER, A. P.; PULROLNIK, K.; GATTO, A.; JAMES, S. W.; NIVA, C. C. Caracterização de Oligochaeta em diferentes sistemas silvipastoris no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1321–1329, 2009. doi:10.1590/S0100-06832009000500016. Disponível em Embrapa. Acesso em: 24 ago. 2025.

MALCOLM, R. L. The uniqueness of humic substances in each of soil, stream and marine environments. **Analytica Chimica Acta**, v. 232, p. 19-30, 1990. DOI: 10.1016/S0003-2670(00)81222-2.

MARQUES, J. F. Avaliação da viabilidade da compostagem de resíduos sólidos urbanos e de lodo de esgoto para a produção de fertilizantes orgânicos no município de São Carlos. 2022. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022. DOI: 10.11606/D.18.2022.tde-15062022-153103.

- MARTÍNEZ-GARCÍA, L. B.; KORTHALS, G.; BRUSSAARD, L.; JØRGENSEN, H. B.; DE DEYN, G. B. Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 263, p. 7–17, 2018. DOI: 10.1016/j.agee.2018.04.018.
- MAUCIERI, C.; BARCO, A.; BORIN, M. Compost as a substitute for mineral N fertilization? Effects on crops, soil and N leaching. **Agronomy**, v. 9, n. 4, p. 193, 2019. DOI: 10.3390/agronomy9040193.
- MAURYA, S.; ABRAHAM, J. S.; SOMASUNDARAM, S.; TOTEJA, R.; GUPTA, R.; MAKHIJA, S. Indicators for assessment of soil quality: a mini-review. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 9, p. 604, 28 ago. 2020. DOI: 10.1007/s10661-020-08556-z.
- MBATYOTI, A.; DANEEL, M. S.; SWART, A.; MARAIS, M.; DE WAELE, D.; FOURIE, H. Plant-parasitic nematode assemblages associated with glyphosate tolerant and conventional soybean cultivars in South Africa. **African Zoology**, v. 55, n. 1, p. 93–107, 2020. DOI: 10.1080/15627020.2019.1679040.
- MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**. Salvador, v. 7, 2006.
- MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JÚNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 191–209, 2017. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2015.v32.23311.
- MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMAKERS, J. M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 37, n. 5, p. 634–663, 2013. DOI: 10.1111/1574-6976.12028.
- MENDES, W. D.; MANDUCA SOBRINHO, C. A.; MARTINS, W. S.; MURAISHI, C. T.; SOUZA, M. P.; ADAMS, G. S.; SILVA, I. M.; OLIVEIRA, A. G.; PEREIRA, D. D.; CARVALHO, L. C. Efeito de bactérias solubilizadores de fósforo na cultura da soja no Brasil: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i16.37828.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria Orgânica do solo**: métodos de análises. 2. ed. revista e atualizada. Viçosa, MG: UFV-Gefert, 2017. 221 p.
- MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Influence of organic matter on the charges of soils from the cerrado Region Brazil. *In*: SENESI, N.; MIANO, T. M., (ed.). **Humic substances in the global environment and implications on human health**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.661- 666.

MENEZES-BLACKBURN, D.; PAREDES, C.; ZHANG, H.; GILES, C. D.; DARCH, T.; STUTTER, M.; GEORGE, T. S.; SHAND, C.; LUMSDON, D.; COOPER, P.; WENDLER, R.; BROWN, L.; BLACKWELL, M.; WEARING, C.; HAYGARTH, P. M. Organic acids regulation of chemical-microbial phosphorus transformations in soils. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 21, p. 11521–11531, 2016. DOI: 10.1021/acs.est.6b03017.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. *In*: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S. S.; ALVAREZ V., V. H., (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p. 209–248.

MILLS, A. A. S.; PRICE, G. W.; FILLMORE, S. A. E. Responses of nematode, bacterial, and fungal populations to high frequency applications and increasing rates of biosolids in an agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 148, p. 103481, 2020. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.103481.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; LANG, C. R.; PARIZ, C. M.; DEISS, L.; SULC, R. M. Integrated crop-livestock systems as a solution facing the destruction of Pampa and Cerrado biomes in South America by intensive monoculture system. **Agroecosystem Diversity**, p.257-273, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00016-9>

MOREIRA, S. G.; HOOGENBOOM, G.; NUNES, M. R.; MARTIN-RYALS, A. D.; SANCHEZ, P. A. Circular agriculture increases food production and can reduce N fertilizer use of commercial farms for tropical environments. **Science of the Total Environment**, v. 879, p. 163031, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163031.

MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. **The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures**. *In: Proceedings of the 6th International Grassland Congress*, Philadelphia, PA, USA, 17–23 Aug. 1952. p. 1380–1395.

MUNIZ, M. P.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; BILEGO, U. O.; ALMEIDA, D. P.; VILELA, L.; DIAS, M. B. C.; OLIVEIRA, I. P.; ASSIS, L. F. A.; SOUZA, W. F.; RODRIGUES, R. C. Production, forage quality and cattle performance in Paiaguas palisadegrass and Tamani grasses in different forms of animal supplementation in crop-livestock integration. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 3, p. 381-388, 2022. DOI: 10.3316/informit.646465270239567.

MUSCAT, A.; OLDE, E.M.; RIPOLL-BOSCH, R.; VAN ZANTEN, H.H.; METZE, T.A.; TERMEER, C.J.; VAN ITTERSUM, M.K.; DE BOER, I.J. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. **Nature Food**, v. 2, p. 561–566, 2021. DOI: 10.1038/s43016-021-00340-7.

MUSHINSKI, R. M.; ZHOU, Y.; GENTRY, T. J.; BOUTTON, T. W. Bacterial metataxonomic profile and putative functional behavior associated with C and N cycle processes remain altered for decades after forest harvest. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 119, p. 184-193, 2018. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.008.

NADPOROZHSKAYA, M. A. Humus forms in forest soils: Concepts and Classifications. **Eurasian Soil Science**, v. 51, n. 10, p. 1142-1153, 2018. DOI: 10.1134/S1064229318100022

NAGAI, K.; KISHIMOTO, A. **Manejo do solo e adubação**: equilíbrio nutricional, melhoramento do solo e saúde da planta. Guatapar: Instituto de Pesquisas Tcnicas e Difuses Agropecurias da JATAK, 2008. 72p.

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. Cover crops as affecting soil chemical and physical properties and development of upland rice and soybean cultivated in rotation. **Rice Science**, v. 25, n. 6, p. 340-349, 2018. DOI: 10.1016/j.rsci.2018.10.004.

NASCIMENTO, D. M.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V.; SILVA, A. H.; FAVARETTO, N.; PARRON, L. M. Soil physical quality under long-term integrated agricultural production systems. **Soil & Tillage Research**, v. 186, n. 1, p. 292–299, 2019. DOI: 10.1016/j.still.2018.08.016.

NOMURA, R. B. G.; LOPES-CAITAR, V. S.; HISHINUMA-SILVA, S. M.; MACHADO, A. C. Z.; MEYER, M. C.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. *Pratylenchus brachyurus*: status and perspectives in Brazilian agriculture. **Tropical Plant Pathology**, v. 49, p. 573–589, 2024. DOI: 10.1007/s40858-024-00669-x.

OLIVEIRA, C. M.; ALMEIDA, N. O.; CORTES, M. V. C. B.; LOBO JUNIOR, M.; ROCHA, M. R.; ULHOA, C. J. Biological control of *Pratylenchus brachyurus* with isolates of *Trichoderma* spp. on soybean. **Biological Control**, v. 152, e104425, 2021. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104425.

OLIVEIRA, F. C.; MAGALHÃES, A. S.; COSTA, S. E. V.; SOARES, L. H.; VENTURA, J. A.; SOARES, A. L.; MIELNICZUK, J. Aplico de fertilizantes orgânicos e minerais aumenta frações de carbono no solo e produtividade agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 47, e0220044, 2023. doi:10.36783/18069657rbcs2023020044.

OLIVEIRA, K; J. B.; LIMA, J. S. S.; AMBROSIO, M. M. Q.; BEZERRA NETO, F.; CHAVES, A. P. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubo verde. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 40, n.1, 2017. DOI: 10.19084/RCA16010.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCOPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X200800070000.

PEREIRA, B. **Eficiência de nematicidas químicos, bionematicidas e extratos vegetais no controle de *Pratylenchus brachyurus* em soja**. 2020. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1228>. Acesso em: 10 ago. 2024.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em áreas de Cerrado sob plantio direto, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p.1-6, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000500010.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PALMIERI; SOUZA, R.C.; Matéria orgânica em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n. 1, p.53-56, 2003.

PINHEIRO, J. B. **Nematóides**. Portal Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agenciadeinformacaotecnologica/cultivos/pimenta/producao/doencas-epragas/doencas/nematoides>. Acesso em: 10 ago. 2024.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F.; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, 2011. DOI: 10.1590/s0100-204x2011001000027.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 2, p. 159-164, 1987. DOI: 10.1016/0038-0717(87)90076-9.

POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—II. Gamma irradiation, autoclaving, air-drying and fumigation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, n. 3, p. 179-188, 1976. DOI: 10.1016/0038-0717(76)90002-X.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.

QUEIROZ, A. S. B.; SÁGIO, S. A.; TEIXEIRA JUNIOR, T. Doses de fósforo no desenvolvimento da cultura da soja na região central do Tocantins. **Agri-Environmental Sciences**, v. 6, p. 7, 2020. DOI: 10.36725/agriesv6i0.1995.

QUEIRÓZ, C. A.; FERNANDES, C. D.; VERZIGNASSI, J. R.; VALLE, C. B.; JANK, L.; MALLMANN, G.; BATISTA, M. V. Reação de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* à *Pratylenchus brachyurus*. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 3, p. 226-230, 2014. DOI: 10.1590/0100-5405/1899.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000200013

RESENDE, H.; OLIVEIRA, J. S.; MIRANDA, J. E. C.; LEITE, J. L. B. **Tecnologia e custo da silagem de milho**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2017. 11 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 114).

RODRIGUES, M. **Sistemas de manejo e a dinâmica das formas de fósforo e da fertilidade em solos de Cerrado**. 2013. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. DOI: 10.11606/D.11.2014.tde-05022014-090437.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J. **Criação de empregos pelo complexo agroindustrial da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 233).

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Embrapa: Dourados, 2002. 86 p.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 622-630, 2011. DOI: 10.1590/S0006-87052011000300018.

ROYCHOWDHURY, DEBOJYOTI; PAUL, MANIBRATA; BANERJEE, SUDIP KUMAR. Isolation, identification and characterization of bacteria (Rhizobium) from chick pea (*Cicer arietinum*) and production of biofertilizer. **European Journal of Biotechnology and Bioscience**, v. 3, n. 12, p. 26–29, dez. 2015.

RYAN, M. H.; MACKAY, A. Soil microbial communities and nutrient cycling in agroecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 116, p. 1–13, 2018. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.10.014.

RYSCHAWY, J.; MARTIN, G.; MORAINÉ, M.; DURU, M.; THEROND, O. Designing crop–livestock integration at different levels: Toward new agroecological models? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, p. 5-20, 2017. DOI: 10.1007/s10705-016-9815-9.

SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MIRANDA, B. M. Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia legal. **Colloquium Agrarian**, v. 14, n. 1, p.01-15, 2018.

SALVADOR, Oliverio; LOZANO, Gabriela; FERREIRA, Homéro. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária na produção de soja com incidência de nematoides. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n. 5, p. 347–354, 2024. doi:10.1590/1807-1929

SANDERMAN, J. HENGI, T.; FISKE, G. J. Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 36, p. 9575-9580, 2017. DOI: 10.1073/pnas.1706103114.

SANTOS, G. R.; SILVA, A. P.; OLIVEIRA, C. M.; LIMA, F. R.; SOUZA, J. T. Efeitos de ácidos húmicos no crescimento de plantas em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Journal of Soil and Plant Nutrition**, v. 18, n. 2, p. 322-329, 2018.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. Bioindicadores de qualidade do solo. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 10, p. 195-226, 2015. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/397>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SAYGIN, F.; ŞAVŞATLI, Y.; DENGİZ, O.; YAZICI, K.; NAMLI, A.; KARATAŞ, A.; DEMIRKAYA, S. Soil quality assessment based on hybrid computational approach with spatial multi-criteria analysis and geographical information system for sustainable tea cultivation. **The Journal of Agricultural Science**, v. 161, n. 2, p. 187-204, 2023. DOI: 10.1017/S0021859623000138.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 123-131, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000100013.

SCHMITT, J.; PORTELA, V. O.; SANTANA, N. A.; FREIBERG, J. A.; BELLÉ, C.; PACHECO, D.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANGHINONI, I.; CARES, J. E.; ARAÚJO FILHO, J. V.; JACQUES, R. J. S. Effect of grazing intensity on plant-parasitic nematodes in an integrated crop–livestock system with low plant diversity. **Applied Soil Ecology**, v. 163, p. 103908, 2021. DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.103908.

SEKARAN, U.; KUMAR, S.; GONZALEZ-HERNANDEZ, J. L. Integration of crop and livestock enhanced soil biochemical properties and microbial community structure. **Geoderma**, v. 381, p. 114686, 2021. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114686.

SENGUPTA, S.; DATTA, M.; DATTA, S. β -Glucosidase: Structure, function and industrial applications. In: GOYAL, A.; SHARMA, K., (ed.). **Foundations and frontiers in enzymology. Glycoside hydrolases**. London: Academic Press, 2023. p. 97-120. DOI: 10.1016/B978-0-323-91805-3.00004-6.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G. Crescimento de *Brachiaria* spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Agrarian**, v. 5, n. 18, p. 349-355, 2012.

SHERENE, T. Soil enzymes as indicators of soil fertility: a review. **Bio Bulletin**, v. 3, n. 1, p. 109-131, 2017.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 357–363, 2004. DOI: 10.1016/j.agee.2003.12.007

SILVA, Michelangelo de Oliveira; SANTOS, Magna Pereira dos; SOUSA, Amanda Cibele da Paz; SILVA, Ranniele Luíza Ventura da; MOURA, Ialy Aparecida Angelo de; SILVA, Raquel Soares da; COSTA, Kleyton Danilo da Silva. **Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável**. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 463–474, 2021. doi:10.34117/bjdv7n1-463.

SILVA, M. S. **Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio**. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia: Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/154592>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SMICIKLAS, I.; WILKINSON, S. R.; GALLI, J. R.; RICHARDSON, M. R.; WILLIAMS, W. A. Compostos orgânicos na cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1675–1683, 2013. doi:10.1590/S0100-06832013000600017.

SOARES, D. S.; RAMOS, M. L. G.; MARCHÃO, R. L.; MACIEL, G. A.; OLIVEIRA, A. D.; MALAQUIAS, J. V.; CARVALHO, A. M. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. **Soil and Tillage Research**, v. 194, p. 104316, 2019. DOI: 10.1016/j.still.2019.104316.

SOARES, M. B.; TAVANTI, R. F. R.; RIGOTTI, A. R.; LIMA, J. P.; FREDDI, O. S.; PETTER, F. A. Use of cover crops in the southern Amazon region: What is the impact on soil physical quality?. **Geoderma**, v. 384, 114796, 2021. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114796.

SOBUCKI, L.; RAMOS, R. F.; MEIRELES, L. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S. Contribution of enzymes to soil quality and the evolution of research in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, e0210109, 2021. DOI: 10.36783/18069657rbcs20210109.

SOUZA, E. D.; ANDRADE COSTA, S. E. V. G.; ANGHINONI, I., LIMA, C. V. S.; FACCIO CARVALHO, P. C.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n.1, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000100008.

SOUZA, G. F.; MOURA, D. C.; MARQUES, A. L.; GOMES, A. S.; COSTA, C. R. G.; BEIRIGO, R. M. M.; MACEDO, R. S. Bioindicadores da macrofauna nos solos do Parque Estadual Pico do Jabre (PB). **Revista Valore**, v. 8, p. 184-195, 2023. DOI: 10.22408/rev8020231469184-195.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1994. 496 p.

STÖCKER, C. M.; MONTEIRO, A. B.; BAMBERG, A. L.; CARDOSO, J. H.; MORSELLI, T. B. G. Ar.; LIMA, A. C. R. Bioindicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, v. 14, 2017.

TABATABAI, M. A. Enzymes. *In*: WEAVER, R. W.; AUGLE, S.; BOTTOMLEY, P. J.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. Part 2. p. 775-833. (Microbial and Biochemical Properties, v. 5).

TAVANTI, R. F. R.; FREDDI, O. S.; MARCHIORO, V.; TAVANTI, T. R.; GALINDO, F. S.; WRUCK, F. J.; SHIRATSUCHI, L.; BREDA, C. C. Least limiting water as a soil indicator in an integrated crop-livestock systems of the Cerrado, Brazil. **Geoderma**, n. 19, e00232, 2019. DOI: 10.1016/j.geodrs.2019.e00232

TEDESCO M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TAHAT, M. M.; ALANANBEH, K. M.; OTHMAN, Y. A.; LESKOVAR, D. I. Soil Health and Sustainable Agriculture. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 4859, 2020. DOI: 10.3390/su12124859.

THOMAS, B. **Encyclopedia of applied plant sciences**. Cambridge, MA: Academic Press, 2016.

VALANI, G. P.; MARTÍNI, A. F.; SILVA, L. F. S.; BOVI, R. C.; COOPER, M. Soil quality assessments in integrated crop–livestock–forest systems: a review. **Soil Use and Management**, v. 37, n. 1, p. 22-36, 2021. DOI: 10.1111/sum.12667.

VAN OS, G. J.; GINKEL, J. H. Suppression of Pythium root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 33, n. 11, p. 1447-1454, 2001. DOI: 10.1016/S0038-0717(01)00053-0.

VELOSO, F. R.; MARQUES, D. J.; MELO, E. I.; BIANCHINI, H. C.; MACIEL, G. M.; MELO, A. C. Different soil textures can interfere with phosphorus availability and acid phosphatase activity in soybean. **Soil and Tillage Research**, v. 234, p. 105842, 2023. DOI: 10.1016/j.still.2023.105842

VENCATO, A. Z. **Anuário Brasileiro da Soja 2010**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, p. 144, 2010.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 743-755, 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000400001.

VIAUD, V.; SANTILLÀN-CARVANTES, P.; AKKAL-CORFINI, N.; GUILLOU, C.; PRÉVOST-BOURÉ, N.C.; RANJARD, L.; MENASSERI-AUBRY, S. Landscape-scale analysis of cropping system effects on soil quality in a context of crop-livestock farming. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 265, p.166-177, 2018. DOI: 10.1016/j.agee.2018.06.018.

VINHAL-FREITAS, I. C.; WANGEN, D. R. B.; FERREIRA, A. S.; CORRÊA, G. F.; WENDLING, B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 757–764, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000300017.

WALKUP, J.; FREEDMAN, Z.; KOTCON, J.; MORRISSEY, E. M. Pasture in crop rotations influences microbial biodiversity and function reducing the potential for nitrogen loss from compost. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 304, p. 107122, 2020. DOI: 10.1016/j.agee.2020.107122.

WILLIAMS, D. M.; BLANCO-CANQUI, H.; FRANCIS, C. A.; GALUSHA, T. D. Organic farming and soil physical properties: An assessment after 40 years. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 2, p. 600-609, 2017. DOI: 10.2134/agronj2016.06.0372

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONCA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba-CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 247-258, 2006. DOI: 10.1590/S0100-06832006000200006.

XU, C.; MOU, B. Short-term effects of composted cattle manure or cotton burr on growth, physiology and phytochemical of spinach. **HortScience**, v. 51, p. 1517–1523, 2016. doi:10.21273/HORTSCI11099-16.

XUN, W.; YAN, R.; REN, Y.; JIN, D.; XIONG, W.; ZHANG, G.; CUI, Z.; XIN, X.; ZHANG, R. Grazing-induced microbiome alterations drive soil organic carbon turnover and productivity in meadow steppe. **Microbiome**, v. 6, p. 170, 2018. DOI: 10.1186/s40168-018-0544-y

YEOMANS, J. C.; BREMMER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988. DOI: 10.1080/00103628809368027.

YU, M.; WU, M.; SECUNDO, F.; LIU, Z. Detection, production, modification, and application of arylsulfatases. **Biotechnology Advances**, v. 67, p. e108207, 2023. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2023.108207.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M. Plantas forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região do Cerrado. Brasília, DF: **Embrapa**, 2015.

ZHANG, C.; LI, M.; ZHANG, S.; QI, Z.; HUANG, J.; SUN, J. An improved method of fluorescein diacetate determination for assessing the effects of pollutants on microbial activity in urban river sediments. **Journal of Soils and Sediments**, v. 22, p. 2792–2801, 2022. DOI: 10.1007/s11368-022-03319-4.

ZHENG, W.; LEHMANN, A.; RYO, M.; VÁLYI, K. K.; RILLIG, M. C. Growth rate trades off with enzymatic investment in soil filamentous fungi. **Scientific Reports**, v. 10, p. 11013, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-68099-8.

ZOLIN, C.A.; MATOS, E.S.; MAGALHÃES, C.A.S.; PAULINO, J.; LAL, R.; SPERA, S.T.; BEHLING, M. Short-term effect of a crop-livestock-forestry system on soil, water and nutrient loss in the Cerrado-Amazon ecotone. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 2, p.1102-112, 2021. DOI: 10.1590/1809-4392202000391.

ZUFFO, A. M.; RATKE, R. F.; AGUILERA, J. G.; SANTOS FILHO, F. N.; YOKOTA, L. A.; MORAIS, D. B. Adubação nitrogenada associada à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* pode aumentar a produtividade e o teor de proteínas de grãos de soja?. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, p. 1391–1407, 2020. DOI: 10.17765/2176-9168.2020v13n4p1391-1407.