

IOLANDA ALVES DOS SANTOS

**COMUNIDADES DE NEMATOIDES COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE E
PRODUTIVIDADE EM SOLOS SOB SISTEMAS DE CULTIVO CONVENCIONAL E
CONSERVACIONISTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Dalila Sêni Buonicontro

Coorientadores: Fabiano José Perina
João Augusto A. Meira Neto

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S237c
2022

Santos, Iolanda Alves dos, 1995-
Comunidades de nematoides como bioindicadores de
qualidade e produtividade em solos sob sistemas de cultivo
convencional e conservacionista / Iolanda Alves dos Santos. –
Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (94 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.
Orientador: Dalila Sêni Buonicontro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Fitopatologia, 2022.
Referências bibliográficas: f. 58-69.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.749>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Nematoda. 2. Solos - Qualidade. 3. Biodiversidade.
4. Cerrados. 5. Enzimas. I. Buonicontro, Dalila Sêni, 1984-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Fitopatologia. Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia.
III. Título.

CDD 22. ed. 632.6257

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

IOLANDA ALVES DOS SANTOS

**COMUNIDADES DE NEMATOIDES COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE E
PRODUTIVIDADE EM SOLOS SOB SISTEMAS DE CULTIVO CONVENCIONAL E
CONSERVACIONISTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de setembro de 2022.

Assentimento:

Iolanda Alves dos Santos
Iolanda Alves dos Santos
Autora

Dalila Sêni Buonicontro
Dalila Sêni Buonicontro
Orientadora

DEDICO

A todos que acreditam na ciência e que fazem ciência mesmo quando os desafios são imensos, a todos que acreditam que o conhecimento é o caminho para transformar a sociedade. Em especial ao Dr. Fabiano José Perina.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por ser sempre minha fortaleza e por me conceder forças para continuar trilhando este caminho nos momentos em que a coragem pareceu falhar.

Aos meus pais, Moisés e Rogerina e irmãos (Elvis e Willian), por continuar acreditando em mim e sendo fonte de apoio e amor incondicional.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

À minha orientadora Dalila Sêni Buonicontro, pela orientação, confiança, apoio e ensinamentos.

Ao meu coorientador Dr. Fabiano José Perina, pelos ensinamentos, amizade, conselhos, incentivos e total suporte que tornou possível a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador Dr. João Augusto Alves Meira Neto, pela contribuição e sugestões enriquecedoras.

Ao Dr. Pedro Manuel Villa, por toda ajuda com as análises estatísticas, sugestões valiosíssimas e pela paciência e apoio sempre.

À Dr. Larissa de Brito Caixeta Vasconcelos, por toda ajuda, colaboração e ensinamentos.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Leandro Grassi de Freitas, Dr. Pedro Manuel Villa, Dr. João Augusto Alves Meira Neto, Dr. Larissa de Brito Caixeta Vasconcelos, pela disponibilidade e atenção, bem como pelas sugestões e considerações.

Aos meus amigos de laboratório Andressa, Arlan, Amanda, Marcela e José Neto, por todo carinho, amizade e bons momentos.

As minhas amigas da pós-graduação, Nívia e Márcia, por todo carinho, parceria, amizade e boas risadas.

Ao FUNDEAGRO pelo financiamento deste projeto.

À ABAPA pelo apoio logístico e toda sua equipe técnica, sem a qual não seria possível a realização das coletas.

As Fazendas que abriram as porteiras mesmo em meio à uma pandemia e contribuíram com a coleta de dados.

À FUNDAÇÃO BAHIA e toda a sua equipe, por fornecer estrutura física, de recursos humanos e financeiros que deram suporte à coleta e processamento das amostras.

À Embrapa Cerrados e Algodão, em especial a Dr. Iêda de Carvalho Mendes e Dr. Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira, por toda colaboração e ensinamentos.

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

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

IOLANDA ALVES DOS SANTOS, filha de Moisés Rodrigues dos Santos e Rogerina Alves de Souza Santos, nasceu em 23 de outubro de 1995, em Campos Belos, Goiás.

Em março de 2020, graduou-se em Engenharia Agrônômica pelo Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira, em Luis Eduardo Magalhães, Bahia.

Em agosto de 2020, iniciou o Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

RESUMO

SANTOS, Iolanda Alves dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2022. **Comunidades de nematoides como bioindicadores de qualidade e produtividade em solos sob sistemas de cultivo convencional e conservacionista.** Orientadora: Dalila Sêni Buonicontro. Coorientadores: Fabiano José Perina e João Augusto Alves Meira Neto.

O grande desafio das próximas décadas será aumentar a produtividade agrícola para garantir a segurança alimentar da crescente população humana, para isso práticas sustentáveis fazem-se necessárias. Os nematoides do solo são sensíveis a intervenção humana e têm sido amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade do solo em sistemas agrícolas. Há um crescente interesse na aplicação de índices de comunidade de nematoides e atividade microbiana do solo determinada pelas enzimas arilsulfatase e β -glicosidase como indicadores de mudanças na qualidade do solo frente às diferentes práticas de manejo nos agroecossistemas. Neste estudo, o uso dos índices de comunidade de nematoides, atividade microbiana das enzimas do solo e propriedades físico-químicas para avaliação da qualidade do solo e suas influências na produtividade foram investigados. A atividade das enzimas, índices das comunidades de nematoides e as propriedades físico-químicas do solo foram determinados durante o ciclo da cultura instalada em áreas sob diferentes sistemas de manejo do solo. Para os índices ecológicos, os sistemas plantio direto apresentaram maiores valores para os seguintes índices: índice de maturidade e estrutura. Esses resultados apontam que o efeito da prática do plantio direto se mostrou benéfico à microbiota do solo. Já a partir da atividade das enzimas do solo, não foi possível detectar diferenças entre as práticas de manejo adotadas entre as áreas estudadas. Contudo, o IQS-FERBIO (Índice de qualidade do solo Fertilidade e Biológico), que leva em consideração as propriedades físico-químicas e a atividade das enzimas, foi superior nas áreas que adotavam o sistema plantio direto. Ainda, foi possível comprovar que as variáveis grupo trófico dos onívoros, índice de enriquecimento e índice de estrutura estavam relacionadas às maiores produtividades. Desta forma, conclui-se que a nematofauna e o IQS-FERTBIO são influenciados pelas práticas de cultivos, sendo bons indicadores de qualidade do solo.

Palavras-chave: Bioiversidade. Cerrados. Enzimas. Nematoides.

ABSTRACT

SANTOS, Iolanda Alves dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September 2022. **Nematode communities as bioindicators of quality and productivity in soils under conventional and conservationist cropping systems.** Advisor: Dalila Sêni Buonicontro. Co-advisors: Fabiano José Perina and João Augusto Alves Meira Neto.

The great challenge of the coming decades will be to increase agricultural productivity to ensure food security for the growing human population, for which sustainable practices are necessary. Soil nematodes are sensitive to human intervention and have been widely used as bioindicators of soil quality in agricultural systems. There is a growing interest in the application of nematode community indices and soil microbial activity determined by arylsulfatase and β -glucosidase enzymes as indicators of changes in soil quality under different management practices in agroecosystems. In this study, the use of nematode community indices, microbial activity of soil enzymes, and physicochemical properties for soil quality assessment and their influence on productivity were investigated. Enzyme activity, nematode community indices, and soil physicochemical properties were determined during the crop cycle installed in areas under different soil management systems. For ecological indices, no-tillage systems showed higher values for the following indices: maturity index, modified maturity index, plant parasites, enrichment, and structure index. These results indicate that the effect of the no-tillage practice proved to be beneficial to the soil microbiota. Based on the activity of soil enzymes, it was not possible to detect differences between the management practices adopted in the studied areas. However, the IQS-FERBIO (Fertility and Biological Soil Quality Index), which takes into account the physical-chemical properties and enzyme activity, was higher in areas that adopted the no-tillage system. Still, it was possible to prove that the variables trophic group of omnivores, enrichment index, and structure index were related to higher productivity. In conclusion, the nematofauna and IQS-FERTBIO are influenced by cultivation practices, being good indicators of soil quality.

Keywords: Bioversity. Cerrados. Enzymes. Nematodes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1. Caracterização da área estudada e planejamento amostral	17
3.1. Caracterização das comunidades de nematoides.....	19
2.1.4. Coletas de solo.....	19
2.1.5. Extração, contagem e identificação de nematoides	20
2.1.6. Determinação dos índices ecológicos das comunidades de nematoides.....	21
2.1.7. Diversidade trófica.....	23
2.1.8. Maturidade sucessional das comunidades de nematoides	23
2.1.9. Condição de cadeia trófica	23
3.2. Caracterização da atividade biológica do solo	24
2.3.1. Coleta e análise do solo	24
2.3.2. Análises físico-químicas do solo	26
3.3. Análise dos dados.....	26
3. RESULTADOS	28
3.4. Caracterização da nematofauna: abundância.....	28
3.5. Diversidade	31
3.6. Distúrbio	31
3.7. Grupos tróficos.....	32
3.8. Condição de cadeia trófica.....	33
3.9. Relação entre a nematofauna atributos físicos e químicos do solo	34
3.9.1. Propriedades químicas e físicas do solo	34
3.9.2. Bioanálises	36
3.9.3. Índices ecológicos e guildas funcionais dos nematoides.....	36
3.9.4. Gêneros dos nematoides encontrados.....	37
3.10. Relação entre a nematofauna, bioanálises e propriedades químicas e físicas do solo.....	38
3.11. Efeitos dos índices nematológicos sobre a produtividade.....	40
4. DISCUSSÃO.....	41
4.1. Respostas dos índices ecológicos	41

4.2.	Respostas das propriedades químicas e físicas do solo.....	47
4.3.	Respostas das Bioanálises	50
4.4.	Respostas entre a nematofauna, bioanálises e propriedades químicas e físicas do solo.....	53
4.5.	Efeitos dos índices baseados em nematoides sobre a produtividade	55
5.	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A.....	70
	APÊNDICE B.....	80
	APÊNDICE C	81
	APÊNDICE D	82
	APÊNDICE E.....	91

1. INTRODUÇÃO

O grande desafio das próximas décadas será aumentar a produtividade agrícola para garantir a segurança alimentar da crescente população humana. A demanda por alimentos, fibra e energia está aumentando devido ao crescimento populacional e o Brasil tem um papel essencial, já que é um dos maiores produtores das grandes *commodities* como a soja, algodão, milho, café, cana-de-açúcar, laranja e outros (FAO, 2018). Para isso, outros desafios a serem superados serão aumentar a produção de alimentos sem que haja a expansão da área plantada, diminuir o uso de insumos agrícolas e ampliar a utilização de métodos sustentáveis que preservem a qualidade dos solos (LOBELL; CASSMAN; FIELD, 2009; SENTELHAS et al., 2015). Na agricultura, a sustentabilidade se tornou um termo frequentemente utilizado, devido aos problemas relacionados à utilização dos recursos ambientais (THOMPSON, 2007; VELTEN et al., 2015). A agricultura sustentável consiste no uso racional do solo, conservação dos recursos naturais, proteção do meio ambiente com a prática de agricultura em consonância com a natureza, atendendo todos os requisitos de sustentabilidade (PARK; SEATON, 1996; SCHALLER, 1993).

As condições climáticas brasileiras em algumas regiões, principalmente no Cerrado, permitem a realização de até três safras em um único ano, mostrando ser um sistema extremamente intensivo. Os sistemas de cultivos adotados neste bioma são convencionais, conservacionistas ou plantio direto. Na maior parte das áreas do Cerrado brasileiro principalmente na região oeste da Bahia predominam o sistema convencional preconizados por práticas tradicionais para o preparo do solo (PERINA et al., 2018). Já os sistemas conservacionistas ou plantio direto são práticas recomendadas para uma agricultura sustentável e ambientalmente correta, estima-se que cerca de 33 milhões de hectares no Brasil adotam a prática do plantio direto (FEBRAPDP, 2022). Essa prática desenvolve as propriedades ecológicas distintas do solo como as vias de decomposição dominadas por fungos, a diversificação da fauna do solo e aumento do teor de matéria orgânica (BEARE et al., 1992; KAE et al., 2002; MIYAZAWA et al., 2004; NAKAMURA, 1988; YOUNG; RITZ, 1999).

Nos agroecossistemas, o sistema de manejo do solo pode afetar o acúmulo de resíduos na superfície, levando a mudanças nas propriedades físico-químicas do solo,

atividade microbiana e biomassa, resultando em grandes alterações na composição e funções desempenhadas pela biota do solo (FERRIS; VENETTE; SCOW, 2004; LIEBIG; TANAKA; WIENHOLD, 2004). A mensuração dos atributos químicos e físicos do solo podem, portanto, não ser suficiente para detectar possíveis mudanças em um ecossistema, uma vez que tais mudanças nestes parâmetros ocorrem em uma escala de tempo muito longa (GARCÍA-RUIZ et al., 2009; PASCUAL et al., 2000). Em contraste, os atributos biológicos e bioquímicos, como as comunidades de nematoides e a atividade das enzimas do solo, têm se mostrado sensíveis em detectar pequenas mudanças nos serviços ecológicos e por isso, promissoras como ferramentas para avaliação da qualidade do solo (GOODSELL; UNDERWOOD; CHAPMAN, 2009; PASCUAL et al., 2000; SUTER, 2001).

Os nematoides são bons indicadores da saúde do solo e têm sido amplamente estudados, tendo o seu uso validado (BONGERS; BONGERS, 1998b; FERRIS; BONGERS, 2006; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2010; YEATES, 2003a). Dentre as características que os tornam bons indicadores, destaca-se as suas posições chave nas teias alimentares do solo, por apresentarem uma ampla gama de guildas funcionais e distribuição universal nos solos (FERRIS; SÁNCHEZ-MORENO; BRENNAN, 2012; NEHER, 2001; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2009; UGARTE; ZABORSKI; WANDER, 2013). Uma teia alimentar do solo ecologicamente saudável deve sustentar nematoides com diferentes estratégias de vida e comportamentos alimentares, incluindo os seguintes grupos tróficos: micófagos, bacteriófagos, parasita de plantas, onívoros e predadores (BONGERS, 1990; YEATES, 1998). Os nematoides são particularmente relevantes para o estudo dos efeitos que o agroecossistema causa nos solos, porque estão envolvidos em uma série de serviços ecológicos no ecossistema, tais como: consumo de matéria orgânica e decomposição e mineralização de nutrientes (FERRIS; BONGERS, 2006; YEATES, 2003a). Estima-se que aproximadamente 35-45% da mineralização anual de Carbono e Nitrogênio em solos agrícolas seja feita pelos nematoides bacteriófagos e micófagos (LU et al., 2016; ZHANG et al., 2013). Já é sabido que os nematoides predadores podem atuar no biocontrole dos nematoides parasitas de plantas (DJIGAL et al., 2010). Assim, com base no potencial uso como indicadores da qualidade do solo, índices baseados nas comunidades de nematoides foram criados e têm sido testados para diferentes propósitos, ao longo dos últimos 30 anos (DU PREEZ et al., 2022). Desde então,

trabalhos realizados, principalmente em países do hemisfério Norte, têm validado o uso desses índices, comprovando que alterações na abundância, diversidade e estrutura trófica em comunidades de nematoides refletem a condição do funcionamento da teia alimentar do solo (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a; NEHER, 2001; RITZ; TRUDGILL, 1999; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2011; YEATES, 2003b; YEATES; BONGERS, 1999). Para isso, aplicou-se o conceito de guildas funcionais aos táxons de nematoides, sendo estes categorizados em colonizadores e persistentes dentro da cadeia alimentar do solo (BONGERS, 1999; BONGERS; BONGERS, 1998a; FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a; WILSON, 1999). A escala colonizador-persistente (cp) é a atribuição de táxons de nematoides do solo e da água doce com base na estratégia de vida, em uma escala linear de 1 a 5 de acordo com suas características r e K (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a). Os nematoides são agrupados em categorias cp (colonizador-persistentes) com base em um conjunto de características. Os classificados como colonizadores cp-1 são os que apresentam um tempo de geração curto, se alimentam de bactérias, considerados oportunistas de enriquecimento, com gônadas grandes, alta taxa de produção de ovos, altas taxas de mobilidade e formam dauerlarva. Os cp-2 apresentam características menos extremas que o cp-1, com um maior tempo de geração e menor fecundidade do que o grupo cp-1, alimentam-se de forma mais deliberada e continua a sua alimentação à medida que os recursos diminuem. Nesta categoria estão principalmente bacteriófagos e micófagos. Os cp-3 apresentam um maior tempo de geração, maior sensibilidade às condições adversas, sendo eles os bacteriófagos, micófagos e predadores. Os cp-4 também apresentam um maior tempo de geração, menor fecundidade, maior sensibilidade à perturbações, já os cp-5 apresentam maiores tamanhos corporais, menor fecundidade, maior sensibilidade às perturbações e são compostos predominantemente por predadores e onívoros. Os fitonematoides estão distribuídos nos grupos cp 2, 3, 4 e 5 (BONGERS; FERRIS, 1999; FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a).

Logo após essa categorização, vários índices foram propostos e têm sido úteis para inferir uma vasta gama de funções do ecossistema, incluindo abundâncias e proporções de grupos tróficos, índices de diversidade, enriquecimento de nutrientes (Índice de Enriquecimento), vias prevaletentes de decomposição da matéria orgânica (Índice de Canal), sucessão e complexidade da teia alimentar do solo (Índice de

Maturidade, Maturidade modificado e de Estrutura) e abundância de parasita de plantas (Índice de Parasita de Plantas) (BONGERS, 1990; FERRIS; BONGERS, 2009; FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a; URZELAI; JESUS HERNANDEZ; PASTOR, 2000; WASILEWSKA, 1998).

Muitos estudos têm avaliado o efeito das práticas agrícolas sobre os nematoides do solo em todo o mundo. A resposta dos nematoides às práticas agrícolas está bem documentada em relação aos diferentes tipos de sistema de manejo do solo (DJIGAL et al., 2012a, 2012b; DUPONT; FERRIS; VAN HORN, 2009; FERRIS; MATUTE, 2003; FRECKMAN; ETTEMA, 1993b; HENNERON et al., 2015; KARIMI et al., 2020; LESLIE et al., 2017; NEHER, 1999; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2008; VAN DEN HOOGEN et al., 2019). A agricultura convencional altera profundamente a composição, riqueza taxonômica e diversidade das populações de nematoides do solo e isso ocorre provavelmente devido a redução da diversidade de plantas no local estudado e perturbação com o revolvimento do solo ocasionando desequilíbrio de nutrientes nos ambientes (DE DEYN et al., 2004; LIU et al., 2016a, 2016b; ZHANG et al., 2019). A agricultura intensiva favorece a abundância de bacteriófagos e inibe a abundância de predadores-onívoros devido ao grupo trófico dos onívoros apresentarem um crescimento lento e baixa taxa de reprodução e serem mais suscetíveis aos distúrbios. Já as populações dos parasitas de plantas, que causam danos as culturas, são rapidamente aumentadas com as práticas convencionais (BONGERS; BONGERS, 1998b; BONGERS; VAN DER MEULEN; KORTHALS, 1997; JONES et al., 2013). Em contraste, sistemas conservacionistas de cultivo, como plantio direto e cultivo mínimo podem apresentar condições adequadas para a comunidade de nematoides de vida livre, já que nesses sistemas há o aumento da capacidade de retenção de água, aumento do teor de matéria orgânica e formação de agregados no solo, características essas conhecidas por aumentar a abundância da biota do solo (BRIAR et al., 2012; HENNERON et al., 2015; MARGENOT; HODSON, 2016; SCHNFIRER et al., 1986; VAN DEN HOOGEN et al., 2019; ZHANG; MALTAIS-LANDRY; LIAO, 2021; ZHONG; ZENG; JIN, 2017).

O conceito de saúde do solo ganhou força devido a sua abordagem holística para integrar propriedades químicas, biológicas e físicas do solo com o propósito de sustentar a produtividade, a saúde das plantas e regular a qualidade do ar e da água (DORAN; ZEISS, 2000). As atividades enzimáticas do solo têm sido usadas como

bons indicadores da qualidade do solo, devido à sua íntima relação com a biologia do solo e por ser de fácil medição e de rápida resposta às mudanças de manejo no solo. Diversos estudos de longo prazo demonstraram que as atividades enzimáticas do solo são sensíveis e permitem discriminar áreas sob diferentes práticas de manejo do solo (DICK; RASMUSSEN; KERLE, 1988; GUPTA; GERMIDA, 1988; MARTENS; JOHANSON; FRANKENBERGER, 1992). A resposta das atividades enzimáticas do solo às práticas específicas tem sido usada para comparar agroecossistemas (sistemas de manejos do solo), como sistema convencional em contraste com plantio direto (BENITEZ et al., 2006; MARTIN; SPRUNGER, 2022; MELERO et al., 2006; VAN DIEPENINGEN et al., 2006).

Nos últimos 20 anos o grupo de pesquisas da Embrapa Cerrados tem investigado bioindicadores de qualidade do solo, dedicando-se à seleção de bioindicadores, que possam permitir que o agricultor possa monitorar a saúde do seu solo (MENDES et al., 2019b). As enzimas arilsulfatase e β -glicosidase foram as indicadoras que consistentemente apresentaram maior sensibilidade em detectar as alterações nos solos, em função do sistema de manejo utilizado (MENDES et al., 2019b). Essas enzimas apresentam uma relação estreita com a matéria orgânica, parâmetro base da qualidade de um solo, e o rendimento de grãos, parâmetro que reflete o aspecto econômico da lavoura, sendo tais parâmetros fundamentais para a sustentabilidade agrícola (LOPES et al., 2018, 2013; MENDES et al., 2019b). As duas enzimas arilsulfatase e β -glicosidase estão relacionadas à ciclagem da matéria orgânica do solo e não são influenciadas pelo uso de corretivos e fertilizantes agrícolas (MENDES et al., 2019c). A arilsulfatase são enzimas produzidas e excretadas por bactérias em respostas a limitação de enxofre no solo. Participam do processo de mineralização do enxofre componentes de moléculas orgânicas como ésteres de sulfato (VONG, et al., 2003). Essa enzima é amplamente distribuída nos solos, sendo responsável pela hidrólise de ésteres de sulfato. A β -glicosidase é uma das enzimas mais comumente encontradas no solo, apresentando papel fundamental na hidrólise de celobiose, atuando na etapa final de degradação da celulose, liberando produtos como a glicose, o qual é uma importante fonte de energia para os microrganismos (KERTESZ; MIRLEAU, 2004; MAKOI; NDAKIDEMI, 2008; TABATABAI, 1994). Esta enzima pode ser encontrada em microrganismos, plantas e células animais, e a sua atividade pode ser influenciada pela temperatura do solo, pH, qualidade e conteúdo

da matéria orgânica (TABATABAI, 1994). Outras características que torna vantajosa a utilização dessas enzimas, são a alta precisão, coerência, sensibilidade, fácil determinação analítica e reprodutibilidade (MENDES et al., 2019a). Trabalhos vêm sendo realizados com o intuito de incorporar as análises microbianas junto das análises convencionais de solo (química e físicas) realizadas como rotina no Brasil, com isso, foi gerado uma tabela de interpretação para o Cerrado brasileiro, contendo indicadores microbianos nestes solos, que cobrem uma área de aproximadamente 40 milhões de hectares (LOPES et al., 2018; MENDES et al., 2019a). Além de tabelas de interpretação para os indicadores microbianos, outro passo importante para a inserção das análises microbianas em análises de rotina é a adoção do conceito de amostra de solo FERTBIO, que requer amostras coletadas na pós-colheita e secas ao ar antes das análises laboratoriais (MENDES; SOUSA; JUNIOR, 2015b). O conceito FERTBIO refere-se a utilização dos atributos químicos e biológicos do solo para construção do IQSFERTBIO (índice de qualidade do solo fertilidade e biológico) e já foi testado em Latossolo Vermelho Distrófico Argiloso Típico, e Neossolo Quartzarênico Típico, no Distrito Federal e Bahia, respectivamente (LOPES et al., 2018, 2021; MENDES et al., 2019a). Aumentos consistentes e significativos na atividade de arilsulfatase e β -glicosidase e o uso do conceito FERTBIO foram observados em sistemas plantio direto quando comparados com o sistema convencional (LOPES et al., 2018, 2021; MENDES et al., 2019a).

A utilização de índices das comunidades de nematoides e as enzimas arilsulfatase e β -glicosidase, podem ser úteis para investigar se as baixas produtividades nas referidas áreas de produção estão correlacionadas com baixos índices de qualidade do solo e com os sistemas de manejo adotados nestas áreas. Ou mesmo, obter evidências de como o manejo adotado nas áreas afeta os processos ecológicos como ciclagem e mineralização de nutrientes, estruturação de agregados, atividade microbiana do solo, decomposição de matéria orgânica e outros processos que possam refletir em baixa produtividade ou afetar a eficiência de medidas como o controle biológico de nematoides.

O uso dos índices obtidos a partir da caracterização das comunidades de nematoides, juntamente com a determinação da atividade de enzimas do solo, podem auxiliar na avaliação da qualidade dos solos e evidenciar a necessidade de mudanças nas práticas de cultivo, a fim de assegurar a sustentabilidade da produtividade a longo

prazo. Desta forma, este estudo objetivou i) avaliar se os índices relacionados à comunidade de nematoides e à atividade microbiana (enzimas arilsulfatase e β -glicosidase) são capazes de detectar alterações nos solos sob diferentes sistemas de cultivo, no Extremo Oeste Baiano, ii) avaliar se as variações de produtividade observadas em áreas sob sistemas de cultivo convencional e conservacionista estão associadas aos atributos físico-químicos e biológicos do solo, inferidos por meio dos indicadores de qualidade do solo. Nossa hipótese é que os sistemas conservacionistas aumentam a abundância ou biomassa geral da biota do solo em comparação com o sistema convencional e que as maiores produtividades estão relacionadas com ambientes ecologicamente estáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área estudada e planejamento amostral

Este estudo foi conduzido na mesorregião do Extremo Oeste Baiano no estado da Bahia, onde predomina a presença de Latossolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2018) e altitude média de 960 m. Pela classificação de Köpen, o clima é tropical, com inverno seco, apresentando estações bem definidas, chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013). Está sob domínio do bioma Cerrado, com uma precipitação média anual de 1200 mm e forte radiação solar, condições favoráveis para o desenvolvimento de uma agricultura de alta produtividade (CLIMATE-DATA.ORG, 2021). Predomina nesta região a agricultura intensiva, com o emprego de sucessão de culturas como soja-algodão, sob diferentes tipos de manejo do solo (convencional, cultivo mínimo ou plantio direto).

Para a determinação dos indicadores de qualidade do solo, amostras de solo foram coletadas tanto em áreas de cultivo comercial de algodão e soja, em uma área sob experimento de longa duração e em áreas sob vegetação natural. As amostras obtidas do experimento de longa duração e de vegetação natural foram incluídas para servirem como base de comparação com aquelas dos cultivos comerciais. Isso foi feito com o propósito de se inferir o efeito dos diferentes tipos de manejos agrícolas sobre a microfauna e microbiota do solo em um ambiente com variáveis controladas (experimento de longa duração) em contraste a um ambiente de produção comercial (com adoção dos sistemas de preparo do solo de acordo com o critério técnico adotado em cada propriedade rural). Já as áreas de vegetação natural foram incluídas

para que pudessem servir como referência de uma área em equilíbrio ecológico. No total, foram coletadas 212 amostras, sendo que cerca de 30% (71) foram oriundas de áreas que adotavam um sistema conservacionista de preparo do solo (sistema Plantio Direto (SPD) ou sistema Cultivo Mínimo (SCM)), cerca de 60% (132) de áreas que adotavam o sistema convencional (SC) de preparo do solo e 10% (9) foram oriundas de áreas de vegetação natural do Cerrado (Apêndice A).

2.1.1. Áreas de cultivo comercial

As amostras de solo oriundas de cultivos comerciais foram coletadas em lavouras destinadas ao cultivo de algodão e soja em sistema de rotação ou sucessão, conduzidas sob manejo do solo conservacionista ou convencional. Coletas foram realizadas em quinze núcleos de produção localizados em oito municípios (Figura 1A; Apêndice A). Tais áreas foram ainda classificadas como de alta ou baixa produtividade, de acordo com o critério adotado pelo responsável técnico de cada fazenda. Os sistemas de cultivos identificados nessas áreas foram cultivo convencional (SC), cultivo mínimo (SCM) e plantio direto (SPD). No total, foram amostrados cerca de 84.400 ha de áreas produtivas.

2.1.2. Experimento longa duração

O experimento de longa duração, conduzido pela Embrapa, está localizado na área experimental da Fundação Bahia, no município de Luís Eduardo Magalhães, Bahia, a uma altitude de 760 m, e coordenadas geográficas 12°5'35.16" S e 45°42'40.30" W. O solo nesta área é classificado como Neossolo Quartzarênico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018). Neste experimento, dentre os diferentes tratamentos implantados, selecionou-se para fins de comparação, apenas as parcelas submetidas ao tratamento com o sistema plantio direto, que serão referidos como SPD de Longa Duração (SPD_LD). Assim, amostras de solo foram coletadas nas parcelas submetidas ao tratamento SPD_LD, onde preconiza-se a ausência de revolvimento do solo, o uso da rotação de culturas e manutenção do solo sob constante cobertura vegetal. Este experimento encontrava-se implantado há 9 anos na ocasião da coleta.

2.1.3. Áreas de vegetação nativa do Cerrado

Já as amostras de solo de áreas de vegetação nativa do Cerrado (VNC) foram coletadas em áreas de reserva legal em nove propriedades rurais selecionadas pelo critério de proximidade às propriedades rurais, afim de facilitar a logística necessária para as coletas. A vegetação do Cerrado apresenta 11 fisionomias e as áreas onde as amostras foram coletadas apresentavam uma vegetação do tipo florestais (Mata Ciliar, Mata Seca e Cerradão) e formações savânicas (Cerrado propriamente dito). Nestas áreas, o procedimento de coleta seguiu os mesmos padrões adotados nos talhões comerciais e experimento de longa duração.

Para cada área amostrada, tanto nas áreas de cultivo comercial quanto no experimento de longa duração, foram coletados dados de produtividade e sistema de preparo do solo empregado (se consistia em sistema convencional (SC), sistema plantio direto (SPD) ou cultivo mínimo (SCM)).

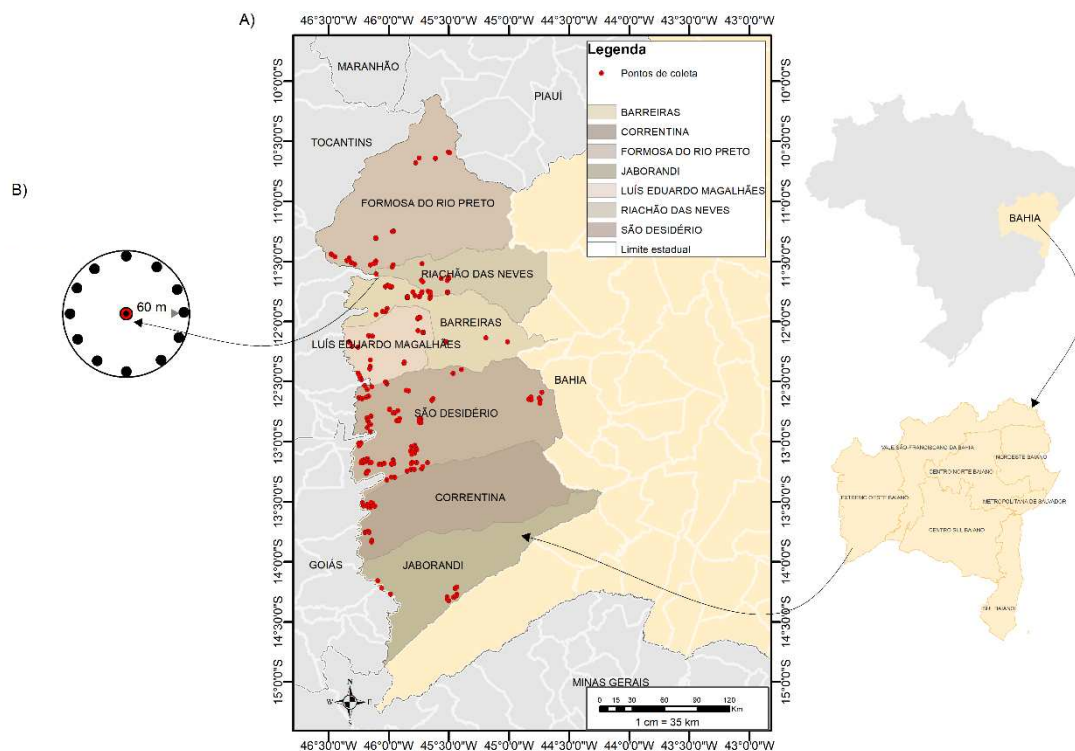


Figura 1. Mapa indicando os locais de coleta de amostras usados neste estudo. (A) Área de estudo indicando os locais de coleta de solo em áreas comerciais de produção de soja e algodão no Extremo Oeste Baiano no estado da Bahia. Os círculos em vermelho no mapa indicam os locais de coleta. (B) Esquema de coleta das amostras de solo empregado em cada ponto georreferenciado. Coletou-se doze subamostras em um raio de 60 m, diâmetro de 120 m e uma circunferência de 377 m, que foram usadas para compor uma amostra composta, representativa de 1 ha.

3.1. Caracterização das comunidades de nematoides

2.1.4. Coletas de solo

Durante os meses de janeiro a março de 2021, na fase de florescimento da soja, amostras de solo foram coletadas, tanto nas áreas de cultivo comercial, quanto no experimento de longa duração. Todas as amostras coletadas foram georreferenciadas com o auxílio de um GPS Garmin Etrex 30x. Para isso, foi georreferenciado um ponto no interior do talhão, sendo que a partir dele coletas foram realizadas em um raio de 60 m (Figura 1B). Doze amostras simples foram coletadas na profundidade de 0-25 cm, sendo seis amostras simples em cada semicírculo com raio de 60 m. Após, o solo coletado foi homogeneizado e cerca de 1.500 g retirados para compor uma amostra composta representativa de um hectare. As amostras compostas foram armazenadas em sacos plásticos transparente de polietileno, acondicionadas em caixas térmicas até a chegada ao laboratório, onde foram refrigeradas em câmara fria com temperatura de 4-8°C, até a realização da extração dos nematoides. As coletas nas áreas de vegetação nativa seguiram os mesmos princípios de coletas adotados nas áreas de cultivo comercial e no experimento de longa duração.

2.1.5. Extração, contagem e identificação de nematoides

Para a extração dos nematoides a partir do solo, foi empregado o método proposto por Jenkins (1964), onde uma alíquota de 200 cm³ de solo (peso fresco) foi retirada de cada amostra composta, em seguida a alíquota foi transferida para um béquer de plástico com capacidade para 3 L. Foram então adicionados 2 L de água de torneira, seguindo-se o destorroamento manual do solo e homogeneização da suspensão. Após 20 seg de repouso, a suspensão resultante foi vertida em um conjunto de peneiras composto por uma peneira de 60 *mesh* (malha com abertura de 0,250 mm) sobreposta à uma peneira de 500 *mesh* (malha com abertura de 0,025 mm). O material retido na malha da peneira de 500 *mesh* foi recolhido com o auxílio de uma pisseta com água, para um béquer de 100 mL e posteriormente, transferido para dois tubos tipo Falcon de 50 mL cada. Os tubos foram submetidos à centrifugação com uma força G de 445,9 por 5 min a 1750 rpm, logo em seguida o sobrenadante foi descartado e adicionado uma solução de sacarose (454 g de açúcar diluídos em 1 L de água), seguindo-se uma nova centrifugação por 1 min a 1750 rpm. O sobrenadante foi recuperado em uma peneira de 500 *mesh* e lavado em água

corrente para a retirada do resíduo de solução de sacarose. A suspensão com os nematoides foi transferida para tubos tipo Falcon de 10 mL.

Após a extração dos nematoides, realizou-se o sifonamento da suspensão para a obtenção de um volume final de 4 mL, seguindo-se com a morte dos nematoides em banho-maria a 55 °C por 4 min. Os tubos ficaram em repouso por 40 min e logo em seguida, foi adicionado às amostras, 4 mL da solução fixativa DESS (**DMSO + EDTA + Solução Salina**) preparada conforme descrito por Yoder et al. (2006). Após a fixação, determinou-se a abundância total de nematoides em 200 cm³ de solo pela contagem do número total de espécimes presentes em cada amostra, com auxílio de uma câmara de Peters sob microscópio invertido Olympus IX70. Posteriormente, os nematoides presentes nas amostras foram submetidos ao processo de infiltração com glicerina-etanol (SEINHORST, 1959). Então, 100 espécimes tomados ao acaso, de cada amostra, foram pescados e usados para a montagem de lâminas permanentes em glicerina (OLIVEIRA; WILCKEN, 2016). Os espécimes nas lâminas foram identificados até a categoria de gênero, com o auxílio de chaves-taxonômicas e descrições taxonômicas disponíveis na literatura, já os fitonematoídes de relevância econômica foram identificados até o nível de espécies (JAIRAJPURI; AHMAD, 1992; EBSARY, 1981; FOTEDAR; KAUL, 1985; FERRAZ, 2012; FONSECA, et al. 2011; SIDDIQI, 1986; DOUCET; LEY; LAX, 2020; GROVER; KHUONG, 1988; MAGGENTI, 1981; THORP; ROGERS, 2014; ANDRÁSSY, 2007). Em adição, os táxons identificados em cada amostra foram alocados em grupos tróficos, de acordo com a classificação proposta por Yeates et al. (1993) e estratégia de vida baseada nas categorias de classes c-p (colonizador-persistente), propostas por Bongers (1990) e atualizadas por Bongers; Bongers (1998b).

2.1.6. Determinação dos índices ecológicos das comunidades de nematoides

A partir dos dados gerados pela caracterização das comunidades de nematoides presentes nas áreas de cultivo comercial, experimento de longa duração da Embrapa e área de vegetação natural do Cerrado, foram calculados os índices listados abaixo e descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Relação dos índices ecológicos estimados a partir das comunidades de nematoides caracterizadas neste estudo.

	Nome do índice	Fórmula	Descrição	Referência
Diversidade	Abundância Total	-	Representa o número de todos os indivíduos, independente do grupo trófico.	
	Abundância Absoluta	-	Representa o número total de indivíduos de um determinado grupo trófico de uma amostra.	Cares; Huang (2008)
	Abundância Relativa (Ar%)	$Ar\% = A \times 100/N$	Representa o valor percentual do número de indivíduos de um determinado grupo trófico.	Norton (1978)
	Riqueza de gêneros (D)	$D = (S-1) \log N$	Representa a diversidade de cada gênero.	Magurran (1988)
	Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H')	$H' = \sum P_i \times \log (P_i)$	Indica a diversidade da área considerada, quanto maior for o índice de H', maior é a diversidade.	Pielou (1977)
	Índice de diversidade de Simpson (Ds)	$D_s = 1 - \sum (P_i)^2$	Atribui o maior peso para os nematoides altamente abundantes, como os PP e BF.	Elliot (1990)
Estrutura trófica	Grupos tróficos (%)	(PP, FF, BF, PR, OM)	Leva em consideração a proporção de cada grupo trófico dentro da comunidade.	Yeates et al. (1993)
Maturidade sucessional	Índice de Maturidade	$MI = \sum v_{(i)} \times f_{(i)}$	Avalia o grau de perturbação ambiental.	Bongers (1990)
	Índice de Parasita de Plantas	$PPI = \sum v_{(i)} \times f_{(i)}$	Consideram apenas os nematoides PP.	Bongers (1990)
	Índice de Maturidade modificado	$mMI = \sum v_{(i)} \times f_{(i)}$	Considera os nematoides de vida livre e os PP.	Yeates (1994)
Condição de cadeia trófica	Índice de Enriquecimento	$EI = 100 \times (e / (e+b))$	Caracteriza a cadeia alimentar na trajetória de enriquecimento.	Ferris et al. (2001); Ferris; Bongers (2009)
	Índice de Estrutura	$SI = 100 \times (s / (s+b))$	Caracteriza a cadeia alimentar na trajetória da estruturação.	Ferris et al. (2001); Ferris; Bongers (2009)
	Índice de Canal de decomposição	$CI = 100 \times [0,8Fu2 / (3,2Ba1 + 0,8Fu2)]$	Indica a via de decomposição predominante no solo.	Ferris et al. (2001); Ferris; Bongers (2009)

A = abundância absoluta; **N** = número total de indivíduos em uma amostra; **S** = número de gêneros; **P_i** = abundância relativa do gênero; **H'_{max}** = log S; **D_{smax}** = (1-1)/S; **PP** = Parasita de plantas; **FF** = Micófagos; **BF** = Bacteriófagos; **PR** = Predador; **OM** = Onívoros; **c-p** = Valores tabelados para nematoides colonizadores (c) e persistentes (p); **v_(i)** = Valor c-p atribuído a cada táxon; **f_(i)** = Frequência relativa do gênero ou família; **IPP** = Índice de parasita de plantas; Os valores de **e**, **s** e **b** são as abundâncias de nematoides de guildas que representam enriquecimento, estrutura e canal de decomposição; **Ba1** = abundâncias de nematoides da guilda de bacteriófagos; **Fu2** = abundâncias de nematoides da guilda dos micófagos.

2.1.7. Diversidade trófica

A composição da estrutura trófica da nematofauna foi determinada em termos de abundância relativa dos grupos tróficos parasitas de plantas (PP), micófagos (FF), bacteriófagos (BF), predadores (PR) e onívoros (OM) (YEATES et al., 1993).

2.1.8. Maturidade sucessional das comunidades de nematoides

A maturidade sucessional nos locais estudados foi estimada a partir de diferentes índices listados a seguir: Índice de Maturidade (MI) (BONGERS, 1990), Índice de Parasitas de Plantas (IPP) (BONGERS, 1990) e Índice de Maturidade modificado (mMI) (YEATES, 1994).

2.1.9. Condição de cadeia trófica

Já as condições da cadeia alimentar foram estimadas pelo Índice de Estrutura (SI), o Índice de Enriquecimento (EI) e Índice de Canal de Decomposição (CI) (FERRIS; BONGERS, 2009; FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a). Também se realizou a análise faunística gráfica desenvolvido por Ferris; Bongers; de Goede (2001), que utiliza o Índice de Estrutura (SI) e o Índice de Enriquecimento (EI) para a inferência da maturidade sucessional no solo, conforme Figura 2.

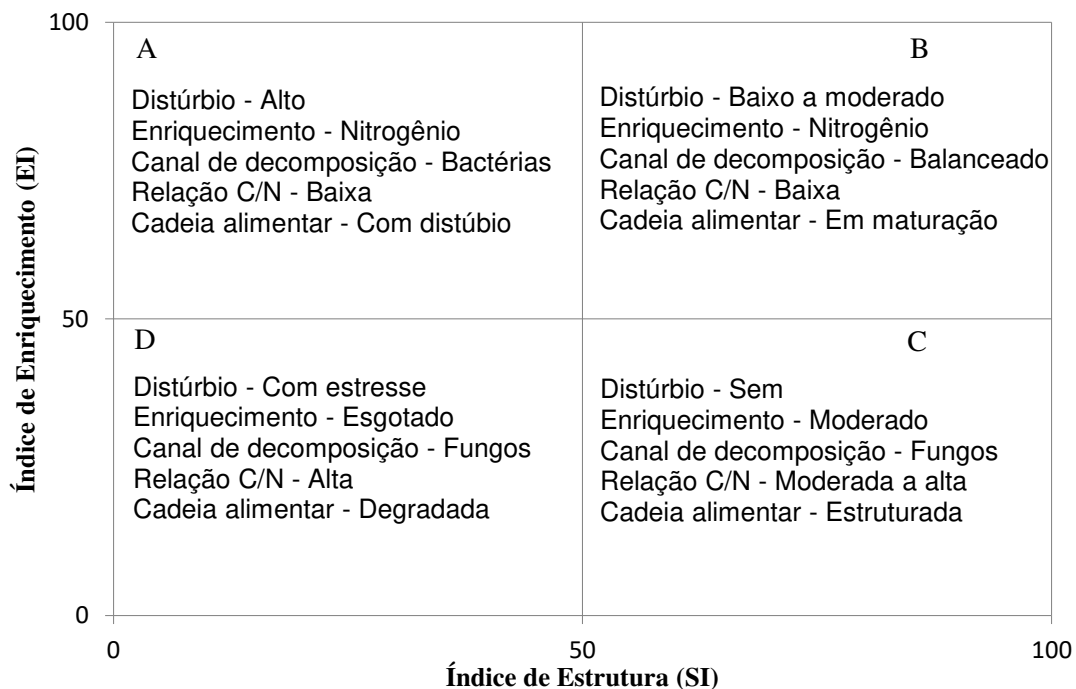


Figura 2. Representação gráfica da análise faunística do solo. Esta análise permite a inferência sobre a condição da rede trófica do solo, podendo ser classificada como enriquecida mas não-estruturada (quadrante A), enriquecida e estruturada (quadrante B), com recursos limitados e estruturada

(quadrante C) ou mimimamente estruturada e com recursos esgotados (quadrante D) (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a).

3.2. Caracterização da atividade biológica do solo

2.3.1. Coleta e análise do solo

Foram realizadas análise biológica do solo por meio de enzimas indicadoras da atividade biológica do solo, conhecida como bioanálises do solo (BioAS) (MENDES et al., 2019a), além de análise físico-química do solo. Tais análises foram realizadas apenas nas amostras coletadas nos cultivos comerciais e no experimento de longa duração.

Para isso, amostras de solo foram coletadas durante os meses de março a junho de 2021, logo após a colheita da cultura da soja. Tais amostras foram coletadas nas mesmas áreas de cultivos comerciais, bem como na área do experimento de longa duração, onde já se havia coletado as amostras para a caracterização da comunidade de nematoides. Cada amostra de solo foi coletada no centro do mesmo ponto georreferenciado no momento da coleta feita para as análises nematológicas. O solo foi coletado na profundidade de 0-10 cm com o auxílio de um trado. Foram retiradas seis subamostras de solo. Para cada subamostra, foram realizadas três tradagens, sendo uma no interior da linha e duas nas entrelinhas de semeadura (Figura 3), seguindo o método de coleta sugerida por Mendes et al. (2021). Cada amostra simples, constituída de cerca de 3 L de solo, foi homogeneizada e em seguida retirou-se cerca de 600 g de solo, que foram armazenados em saco plástico transparente de polietileno, sendo esta a amostra composta representativa de cada área.

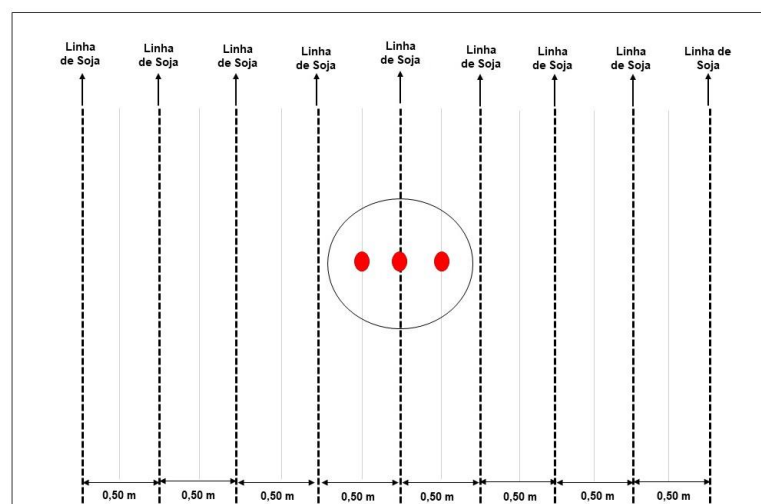


Figura 3. Esquema de coletas das amostras para análises biológicas e químicas do solo realizadas em áreas comerciais e no ensaio de longa duração de produção de soja e algodão no Extremo Oeste Baiano. Os círculos vermelhos indicam os pontos de coleta de uma amostra simples.

No laboratório, as amostras foram submetidas ao processo de secagem em estufa com circulação de ar a 30 °C, para compor as amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), em seguida, foram pesadas e padronizadas em 400 g. Posteriormente, as amostras foram enviadas para o laboratório credenciado e auditado para a realização das bioanálises do solo (BioAS) pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Cerrados) - Exata - Jataí, GO, onde foram utilizadas para a determinação da atividade de duas enzimas, a arilsulfatase (E.C. 3.1.6.1) e a β -glicosidase (E.C. 3.2.1.21), conforme método padronizado por Tabatabai (1994) e Mendes et al. (2019), empregando-se a técnica de determinação colorimétrica do p-nitrofenol (coloração amarela), que é liberado por essas enzimas durante a incubação do solo em uma solução tamponada de substratos incolores específicos para cada enzima. Para cada amostra, foram analisadas duas repetições analíticas para cada enzima. Foi utilizada uma curva padrão preparada com as concentrações conhecidas de p-nitrofenol (0, 10, 20, 30, 40 e 50 μg de p-nitrofenol mL^{-1}) para determinação da quantidade de p-nitrofenol liberada das amostras.

Os valores de atividade enzimática foram expressos em μg p-nitrofenol g^{-1} de solo h^{-1} . De acordo com os valores de atividade enzimática da arilsulfatase e β -glicosidase, foi calculado o índice de qualidade do solo biológico (IQSBio) e a partir das propriedades físico-químicas foi gerado o índice de qualidade do solo químico (IQSQuímico). Após o cálculo desses dois índices, estimou-se o índice de qualidade do solo fertilidade e biológico para avaliar a qualidade dos solos (IQS Fertbio – Índice de qualidade do solo Fertilidade e biológico) com base nas determinações dos atributos de fertilidade química (pH, H + Al, Ca, K, P, Mg e MOS) e dos teores das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase. Esse índice integra os resultados da “Tecnologia BioAs” em conjunto com os dados sobre a fertilidade do solo e atribui três funções ao solo: (F1) a capacidade do solo de ciclar nutrientes, (F2) a capacidade do solo de armazenar nutrientes e (F3) a capacidade do solo de fornecer nutrientes, resultando em uma nota de 0 a 1 (Figura 4). Essa nota expressa a qualidade ou saúde do solo, do ponto de vista da microbiologia do solo, permitindo a classificação da qualidade biológica do solo, segundo proposto por Lopes et al. (2021), onde valores de IQS Fertbio são classificados da seguinte forma: 0 a 0,2 em muito baixo; de 0,21 a 0,40

em baixo; de 0,41 a 0,60 em médio, de 0,61 a 0,80 em alto e de 0,81 a 1,00 em muito alto.

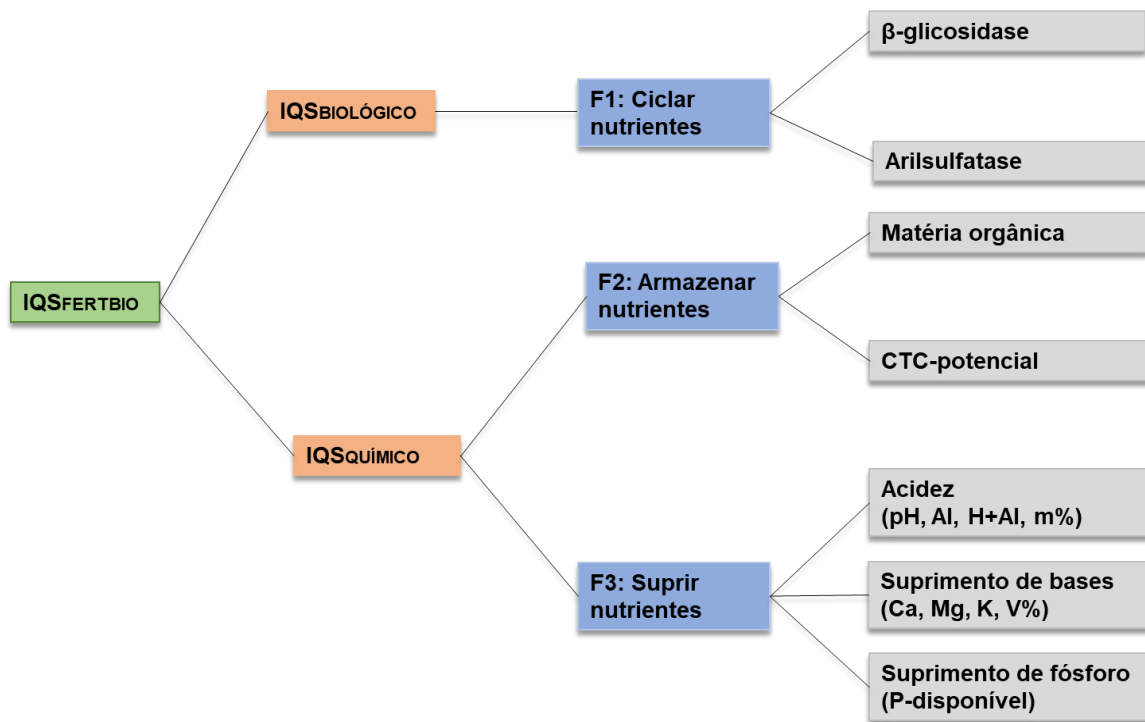


Figura 4. Modelo do IQSFERTBIO, IQSBiológico, IQSQuímico e suas relações com as funções do solo (F1, F2 e F3) e respectivos indicadores obtidos por meio de análises de solo (MENDES et al, 2020).

2.3.2. Análises físico-químicas do solo

Para as análises químicas e físicas, uma alíquota de 200 g de solo foi retirada das amostras coletadas para a realização das bionálises, conforme descrito no item anterior. Para cada amostra de solo, os seguintes parâmetros químicos foram determinados: micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn), macronutrientes (K, P, Ca, Mg, S), pH, teor de matéria orgânica (M.O.) e carbono orgânico (C.O.), aferidos conforme proposto pela EMBRAPA (1997). Já para as análises físicas, utilizou-se o método sugerido por Flint e Flint (2002). As diferentes classes texturais foram determinadas pelo método de densímetro, conforme método padronizado pela EMBRAPA (1997).

3.3. Análise dos dados

Foram calculadas a abundância relativa (%) dos táxons de nematoides ocorrentes, número de gêneros (S); diversidade trófica (T); estrutura trófica: parasita de plantas (PP), bacteriófagos (BF), micófagos (FF), onívoros (ON) e predadores (PR) (YEATES et al., 1993); índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') (PIELOU, 1977); índice de diversidade de Simpson (Ds) (ELLIOT, 1990); riqueza de gêneros (d)

(MAGURRAN, 1988); índice de distúrbio: índice de maturidade (MI) (BONGERS, 1990), índice de maturidade modificado (mMI) (YEATES, 1994) e índice de parasita de plantas (PPI) (BONGERS, 1990) e índices para a avaliação da condição de cadeia alimentar: índice de estrutura (SI), índice de enriquecimento (EI) e índice de canal de decomposição da matéria orgânica (CI) (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001) (Tabela 1).

Para descrever as relações entre as variáveis selecionadas (propriedades físicas e químicas do solo, BioAS, índices ecológicos, grupos tróficos e distribuição dos gêneros dos nematoides), estas foram sumarizadas por meio da análise de componentes principais (PCA) em uma matriz de correlação, usando o pacote “FactoMineR” (HUSSON et al., 2017) do programa estatístico R (R core Team, 2022). Na PCA, diversos fatores foram considerados como potenciais fontes de variabilidade ambiental: As propriedades físicas e químicas do solo (areia, silte, argila, SB, m, H+AL e Carbono orgânico), os indicadores de qualidade biológica do solo (arilsulfatase, β -glicosidase, IQS Bio, IQS Fertbio, IQS Químico, armazenamento, ciclagem e suprimento de nutrientes e Matéria orgânica), índices ecológicos inferidos a partir das comunidades de nematoides (EI, SI, CI, IM, mMI, S, T, J', H', Ds, PP, FF, BF, OM, PR) e distribuição dos gêneros de nematoides (*Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Discocriciconemella*, *Paratylenchus*, *Hemicyclophora*, *Mesocriciconema*, *Heterodera*, *Paratrachodoros*, *Tylenchus*, *Xiphinema*, *Ditylenchus*, *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Rhabdolaimus*, *Acrobeles*, *Acrobeloides*, *Metacrobeles*, *Pseudacrobeles*, *Alirhabditis*, *Tricephalobus*, *Adenolaimus*, *Dorylaimellus*, *Paraxonchium*, *Actinolaimus*, *Aporcelaimium*, *Aporcedorus*, *Monochus*, *Discolaimium*), já que estes apresentaram alta correlação com os eixos da PCA ($R > 0,60$) e também, pela importância agroecológica nos sistemas de produção estudados. Ainda, foram obtidas as correlações entre os pares de variáveis para cada uma das categorias de variáveis analisadas e as correlações destas com os eixos dos componentes principais (Apêndice D - Figuras D1-4). Adicionalmente, foi realizada uma análise de correlação de Pearson ($P < 0,05$) com o objetivo de identificar, no conjunto de dados aquelas variáveis com relação redundante e a partir disso, selecionar aquelas que mais contribuíam para explicar a variabilidade absorvida pelos eixos das PCAs (Apêndice D - Figuras D5-7). Uma PCA integral foi construída com todas as principais variáveis por categoria (ex., índices, bioanálises, química do solo),

as quais foram selecionadas de acordo com dois principais critérios. Primeiro, foram consideradas variáveis que, apresentaram alta contribuição na explicação dos eixos das PCA's, as quais foram selecionadas pela alta correlação com os eixos nas diferentes PCA's. O segundo critério, foi que estas mesmas variáveis, que apresentaram uma contribuição na variabilidade dos eixos das PCA's, também apresentassem uma alta correlação com a maioria das outras variáveis de estudo (Apêndice D – Figura D8-9).

Posteriormente, a distribuição gaussiana de erros foi testada (Apêndice D - Figura D10) e as distribuições de resíduos foram verificadas para selecionar a função de ligação mais adequada, usando o gráfico Q-Q (ZUUR et al., 2009; CRAWLEY, 2013) para a aplicação de modelos lineares de efeitos mistos (LMMs, com efeitos aleatórios e fixos). Estes modelos foram usados para testar os principais efeitos, das diferentes categorias de variáveis sobre a produtividade. Preditores com efeitos fixos (variáveis explicativas contínuas) foram agrupados como categorias de variáveis (propriedades físico-química, bioanálises e índices ecológicos) e a produtividade foi sempre a variável resposta. Os tipos de manejo foram considerados como um efeito aleatório (1 | Manejo) em todos os modelos (ROZENDAAL et al., 2019). Avaliou-se a colinearidade entre as variáveis preditoras selecionadas por meio da análise de correlação de Pearson; quando duas variáveis foram fortemente correlacionadas ($r \geq 0,7$), elas foram incluídas em modelos univariados separados. Todos os modelos foram calculados usando o pacote "lme4" (BATES et al., 2019) na plataforma R (R-CORE-TEAM, 2019). Também foram utilizados os coeficientes dos preditores para interpretar as estimativas de parâmetros, em uma escala comparável, usando o pacote 'jtools' com a finalidade de identificar os melhores modelos (LONG, 2020). Para ilustração dos gráficos, utilizou-se o pacote 'ggplot2' (HADLEY, 2015).

3. RESULTADOS

3.4. Caracterização da nematofauna: abundância

No total, foram identificados neste trabalho, 30 gêneros de nematoides pertencentes a 24 famílias, contudo, foi observado que nem todos os gêneros ocorreram em todos os ambientes estudados (Tabela 2). Foram observados tanto nematoides pertencentes à classe Enoplea quanto à Cromadorea. Da classe Chromadorea, subclasse Chromadoria, foram identificados gêneros pertencentes a 15

famílias. Já na classe Enoplea, subclasse Enoplia foi identificado apenas um gênero pertencente ao grupo trófico de parasita de plantas. Em contrapartida, a subclasse Dorylaimia foi representada por oito famílias, incluindo gêneros tanto de nematoides de vida livre quanto de nematoides parasitas de plantas.

Entre os gêneros de nematoides parasitas de plantas, os mais abundantes nas áreas estudadas foram *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Paratrichodorus*, *Meloidogyne* e *Mesocriconema* (Tabela 2). Alguns gêneros estiveram presentes em apenas um dos sistemas de cultivo estudados, como por exemplo o gênero *Xiphinema*, *Hemicycliophora*, *Paratylenchus*, *Discocriconemella*, *Rhabdolaimus*, *Adenolaimus* e *Ditylenchus*, todos encontrados exclusivamente nas áreas de vegetação nativa de Cerrado (VNC), com exceção de *Ditylenchus* que também foi encontrado em amostras provenientes do sistema plantio direto (SPD).

No SPD, os gêneros *Acrobeloides*, *Helicotylenchus*, *Aphelenchus* e *Trichephalobus*, representaram uma abundância relativa respectivamente de 46%, 19%, 10,5% e 10% dos nematoides identificados nesse sistema (Apêndice E). Na VNC, o gênero *Mesocriconema* apresentou a maior abundância (39,2%) dentre os nematoides identificados, seguido pelo gênero *Adenolaimus* (16%). No sistema convencional (SC), o gênero *Helicotylenchus* foi o táxon que apresentou a maior abundância relativa (31,5%), seguido pelo gênero *Acrobeloides* (13,3%). No sistema de cultivo mínimo (SCM) os gêneros mais abundantes foram os mesmos do sistema convencional. No entanto para o SPD Longa duração, o gênero com maior abundância foi *Aporcelaimium* com (17,9%), seguido pelos gêneros *Helicotylenchus* (15,6%) e *Acrobeles* (13,7%).

Tabela 2. Diversidade taxonômica e abundância absoluta de nematoides associados a quatro sistemas de cultivo e a vegetação nativa de Cerrado no Extremo Oeste Baiano – BA.

Família	Grupos tróficos ¹	Valor C-P ²	SC ³	SCM ⁴	SPD ⁵	SPD Longa duração ⁶	VNC ⁷
Fitoparasitas							
Pratylenchidae	<i>Pratylenchus</i>	3	560,0	151,0	2,0	165,0	0,0
Meloidogynidae	<i>Meloidogyne</i>	3	284,0	101,0	0,0	0,0	7,0
Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus</i>	3	4341,0	1038,0	38,0	358,0	16,0
Hoplolaimidae	<i>Rotylenchulus</i>	3	28,0	32,0	3,0	0,0	0,0
Criconematidae	<i>Discocriconemella</i>	3	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
Paratylenchidae	<i>Paratylenchus</i>	3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
Hemicycliophoridae	<i>Hemicycliophora</i>	3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Criconematidae	<i>Mesocriconema</i>	3	146,0	209,0	0,0	71,0	353,0
Heteroderidae	<i>Heterodera</i>	3	92,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Trichodoridae	<i>Paratrichodorus</i>	4	341,0	56,0	0,0	243,0	0,0
Tylenchidae	<i>Tylenchus</i>	2	24,0	4,0	0,0	0,0	21,0
Longidoridae	<i>Xiphinema</i>	5	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0
Micófagos							
Anguinidae	<i>Ditylenchus</i>	2	0,0	0,0	0,0	55,0	1,0
Aphelenchoididae	<i>Aphelenchoides</i>	2	165,0	47,0	0,0	38,0	20,0
Aphelenchidae	<i>Aphelenchus</i>	2	1406,0	550,0	21,0	247,0	23,0
Bacteriófagos							
Rhabdolaimidae	<i>Rhabdolaimus</i>	3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Cephalobidae	<i>Acrobeles</i>	2	1152,0	457,0	14,0	315,0	40,0
Cephalobidae	<i>Acrobelloides</i>	2	1839,0	777,0	92,0	0,0	0,0
Cephalobidae	<i>Metacrobeles</i>	2	1307,0	392,0	0,0	114,0	5,0
Cephalobidae	<i>Pseudacrobeles</i>	2	32,0	47,0	00	9,0	0,0
Alirhabditidae	<i>Alirhabditis</i>	2	187,0	127,0	0,0	0,0	0,0
Panagrolaimidae	<i>Tricephalobus</i>	1	790,0	247,0	20,0	200,0	36,0
Onívoros							
Aulolaimoididae	<i>Adenolaimus</i>	3	0,0	0,0	0,0	0,0	144,0
Dorylaimidae	<i>Dorylaimellus</i>	4	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
Paraxonchiidae	<i>Paraxonchium</i>	5	69,0	12,0	0,0	0,0	0,0
Actinolaimidae	<i>Actinolaimus</i>	4	14,0	11,0	0,0	27,0	2,0
Aporcelaimidae	<i>Aporcelaimium</i>	5	991,0	431,0	10,0	412,0	156,0
Aporcelaimidae	<i>Aporcedorus</i>	5	15,0	0,0	0,0	25,0	0,0
Predadores							
Mononchidae	<i>Mononchus</i>	5	0,0	0,0	0,0	14,0	6,0
Qudsianematidae	<i>Discolaimium</i>	4	17,0	5,0	0,0	7,0	0,0

¹Os grupos tróficos foram classificados conforme proposto por Yeates et al. (1993). ²A determinação dos valores de c-p (nematoides colonizadores (C) e persistentes (P)) foi baseada naqueles propostos por Bongers (1990) e atualizados por Bongers e Bongers (1998). SPD = Sistema plantio direto, SC³ = Sistema convencional, SCM⁴ = Sistema de cultivo mínimo, SPD⁵ = Sistema plantio direto comercial, SPD Longa duração⁶ = Sistema plantio direto implantado em experimento de longa duração e VNC⁷ = Vegetação nativa do Cerrado.

3.5. Diversidade

A diversidade das comunidades de nematoides, mensuradas pelo número de gêneros (S) e riqueza de gêneros (D) (Tabela 3), apresentaram comportamento similares entre os sistemas avaliados. Ao contrário do que era esperado não foi possível observar uma maior riqueza e número de gêneros na vegetação nativa do Cerrado (VNC), não ocorrendo diferenças entre a vegetação nativa e as áreas cultivadas, independentemente dos sistemas de cultivo utilizado. Em relação a diversidade mensurada pelos índices de Shannon (H') e Simpson (Ds), os maiores valores foram encontrados no SPD seja em áreas de cultivo comercial (SPD), seja no experimento de longa duração (SPD Longa duração).

3.6. Distúrbio

Os valores de índice de maturidade (MI) e índice de maturidade modificado (mMI) foram maiores em SPD longa duração e VNC respectivamente, indicando um menor nível de distúrbio nestes solos. O menor (MI) foi encontrado no SC. O índice de parasita de plantas (PPI) foi maior na VNC do que nos outros sistemas avaliados, provavelmente devido aos grandes números de nematoides da família Criconematidae encontrados na área de vegetação nativa, seguido pelo SC. Em contrapartida, o menor (PPI) foi observado no SPD.

Tabela 3. Índices ecológicos das comunidades de nematoides do solo em quatro sistemas de cultivo, sistema cultivo convencional (SC), sistema de cultivo mínimo (SCM), sistema plantio direto (SPD), sistema plantio direto longa duração (SPD_LD), e sistema de vegetação nativa de Cerrado (VNC) na região do Extremo Oeste Baiano – BA.

	SC ¹	SCM ²	SPD ³	SPD_LD ⁴	VNC ⁵
S	7.38 ± 2.43	7.43 ± 2.53	7.00 ± 1.41	8.13 ± 1.74	6.78 ± 2.22
D	3.19 ± 1.21	3.21 ± 1.27	3.00 ± 0.71	3.57 ± 0.87	2.89 ± 1.11
H'	1.37 ± 0.49	1.41 ± 0.54	1.53 ± 0.17	1.86 ± 0.32	1.37 ± 0.38
Ds	0.63 ± 0.20	0.64 ± 0.22	0.72 ± 0.04	0.22 ± 0.11	0.65 ± 0.15
MI	1.34 ± 0.68	1.56 ± 0.69	1.62 ± 0.08	1.80 ± 0.62	1.66 ± 0.82
mMI	2.63 ± 0.42	2.59 ± 0.38	2.27 ± 0.02	3.00 ± 0.44	3.23 ± 0.40
PPI	1.29 ± 0.81	1.03 ± 0.71	0.65 ± 0.11	1.20 ± 0.52	1.57 ± 0.71

Os valores na tabela referem-se às médias ± desvio-padrão obtidos da análise de 200 cm³ de solo. ¹n=138. ²n=47. ³n=2. ⁴n=23. ⁵n=9. S= número de gêneros, D= riqueza de gêneros, H'= Índice de diversidade de Shannon-Weaver, Ds= Índice de diversidade de Simpson, MI= Índice de Maturidade, mMI= Índice de maturidade modificado, PPI= Índice de parasita de plantas.

3.7. Grupos tróficos

As comunidades foram dominadas por nematoides pertencentes ao grupo trófico dos bacteriófagos (BF) e parasita de plantas (PP), que juntos corresponderam a 70% dos gêneros identificados (Figura 3). Enquanto os demais grupos, micófagos (FF), onívoros (ON) e predadores (PR) contribuíram, individualmente, com menos de 15% do total.

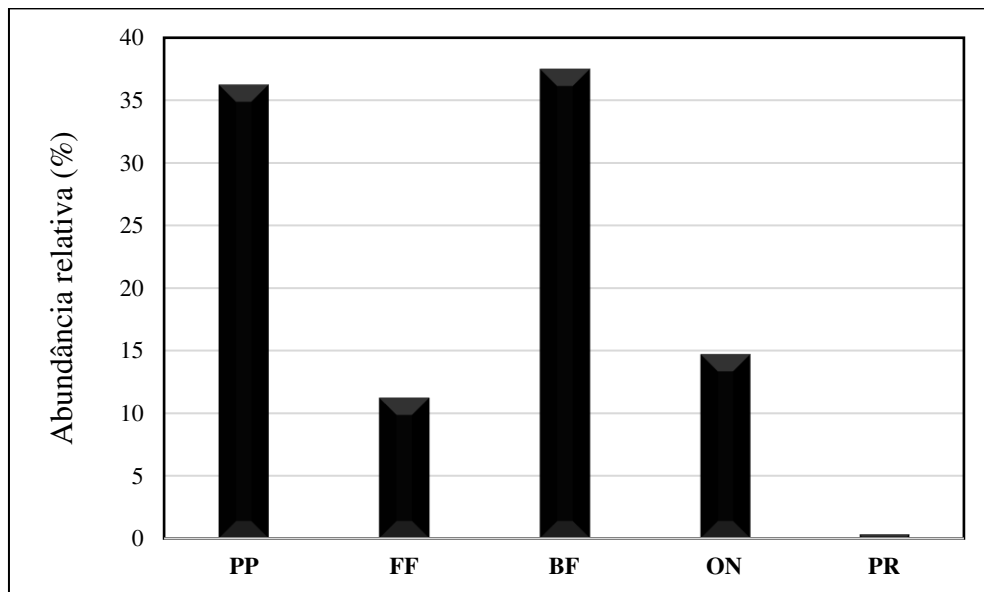


Figura 3. Composição da nematofauna nos sistemas de cultivos (comerciais e experimento de longa duração) e vegetação nativa estudados no Extremo Oeste Baiano (BA). PP= Parasita de plantas, FF= Micófagos, BF= Bacteriófagos, ON= Onívoros, PR= Predadores.

Os grupos tróficos mais abundantes foram os bacteriófagos, seguidos pelos fitoparasitas em praticamente todos os sistemas avaliados, exceto na VNC que teve a menor abundância de bacteriófagos, e no SPD, com menor abundância de fitoparasita de plantas (Tabela 4). Os micófagos foram mais abundantes no SPD de longa duração, seguido pelo SCM. A vegetação nativa apresentou a menor abundância do grupo trófico dos micófagos. Os nematoides pertencentes ao grupo trófico dos onívoros foram mais abundantes na VNC, seguido pelo SPD longa duração, o inverso ocorreu para os predadores onde a maior abundância foi no SPD longa duração, seguido pela VNC. A maior abundância de fitoparasitas foi encontrada na vegetação nativa.

Tabela 4. Média da abundância relativa dos grupos tróficos de nematoides presentes em quatro sistemas de plantio e em vegetação nativa do Cerrado no Extremo Oeste Baiano -BA.

Grupos Tróficos	SC ¹	SCM ²	SPD ³	SPD_LD ⁴	VNC ⁵
Fitoparasitas (PP)	42.14 ± 26.79	33.87 ± 27.66	21.50 ± 3.54	36.39 ± 16.78	50.78 ± 23.18
Micófagos (FF)	11.38 ± 14.65	12.70 ± 18.98	10.50 ± 9.19	14.78 ± 8.83	4.89 ± 8.67
Bacteriófagos (BF)	38.46 ± 25.59	43.55 ± 28.85	63.00 ± 4.24	27.74 ± 14.09	10.11 ± 13.13
Onívoros (ON)	7.89 ± 10.75	9.77 ± 10.04	5.00 ± 1.41	20.17 ± 14.44	33.56 ± 21.33
Predadores (PR)	0.12 ± 0.75	0.11 ± 0.48	0.00 ± 0.00	0.91 ± 1.12	0.67 ± 1.12

Os valores na tabela referem-se às médias ± desvio-padrão obtidos da análise de 200 cm³ de solo. ¹n=138. ²n=47. ³n=2. ⁴n=23. ⁵n=9. SC = Sistema convencional, SCM = Sistema de cultivo mínimo, SPD = Sistema plantio direto, SPD_LD = Sistema de plantio direto implantado em experimento de longa duração. VNC = Vegetação nativa de Cerrado.

3.8. Condição de cadeia trófica

Os maiores valores de índices de enriquecimento (EI) e de canal de decomposição da matéria orgânica (CI) foram obtidos no SPD_LD, sendo que os menores valores desses mesmos índices foram observados na VNC (Tabela 5). Já os maiores valores do índice de estrutura (SI) foram observados na VNC e SPD_LD, com o SPD apresentando o menor valor para esse índice.

Tabela 5. Índices de Ferris et al. (2001) sob quatro diferentes sistemas de cultivo e vegetação nativa do Cerrado no Extremo Oeste Baiano-BA.

	SC ¹	SCM ²	SPD ³	SPD_LD ⁴	VNC ⁵
EI	36.67±25.98	33.14±25.34	44.17±10.69	54.98±16.09	22.84±33.49
SI	41.87±31.19	45.32±28.61	33.07±9.95	73.85±15.32	91.90±9.23
CI	17.99±12.86	17.32±14.03	13.75±11.22	19.63±6.56	10.42±15.63

Os valores na tabela referem-se às médias ± desvio-padrão obtidos da análise de 200 cm³ de solo. ¹n=138. ²n=47. ³n=2. ⁴n=23. ⁵n=9. EI = Índice de Enriquecimento, SI = Índice de Estrutura, CI = Índice de Canal de decomposição da matéria orgânica. SC = Sistema Convencional, SCM = Sistema de Cultivo Mínimo, SPD = Sistema Plantio Direto, SPD Longa duração = Sistema de Plantio Direto implantado em experimento de longa duração. VNC = Vegetação Nativa Cerrado.

A partir da análise faunística (Figura 4) foi possível inferir que a rede alimentar no SPD_LD estava sob distúrbio baixo a moderado, enriquecida e estruturada, com canal de decomposição da matéria orgânica balanceado, substrato orgânico com baixa relação C/N e com cadeia alimentar em condições de maturação (Figuras 2; 4). Já nos SPD, SC e SCM, a rede alimentar apresentava-se sob distúrbio acentuado, enriquecimento esgotado, canal de decomposição da matéria orgânica prevalentemente realizada por fungos, substrato orgânico com alta relação C/N e rede alimentar degradada. Em contraste, nas áreas sob VNC a rede alimentar não estava

sob distúrbio, encontrava-se sob enriquecimento moderado, o canal de decomposição da matéria orgânica tinha a prevalência da ação dos fungos, o substrato orgânico possuía relação C/N moderada a alta e a teia alimentar estava estruturada.

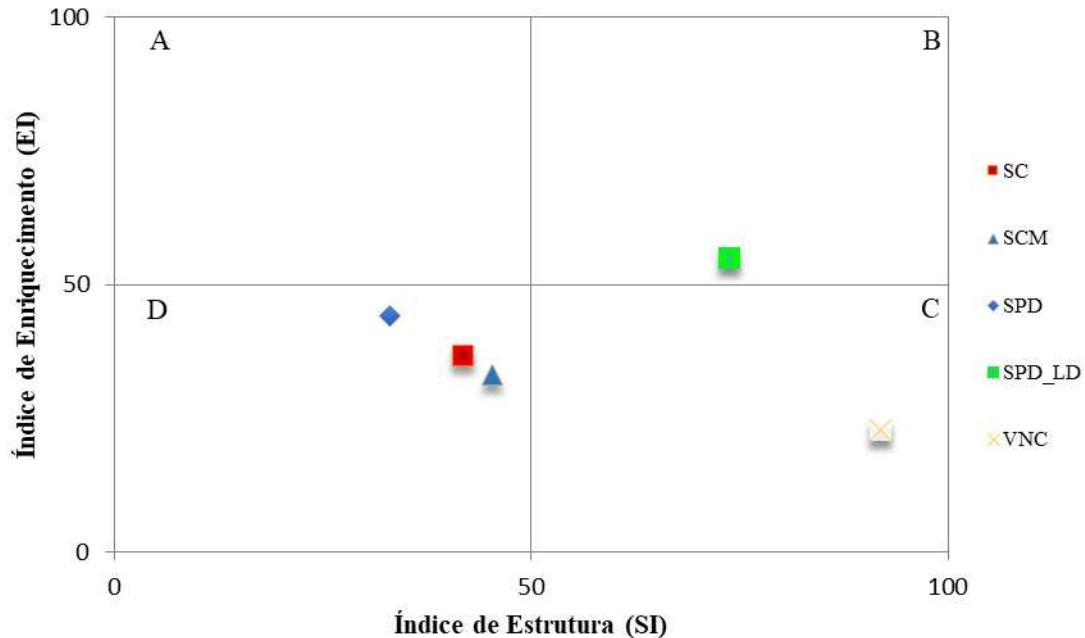


Figura 4. Condição da cadeia trófica em solos sob diferentes sistemas de plantio e sob vegetação nativa de Cerrado, no Extremo Oeste Baiano-BA, inferida com base nos índices de enriquecimento (EI) e de estrutura (SI), segundo Ferris et al. (2001). SC = Sistema Convencional, SCM = Sistema de Cultivo Mínimo, SPD = Sistema Plantio Direto, SPD_LD = Sistema de Plantio Direto implantado em experimento de longa duração. VNC = Vegetação Nativa Cerrado.

3.9. Relação entre a nematofauna atributos físicos e químicos do solo

3.9.1. Propriedades químicas e físicas do solo

As análises de componentes principais (PCA) foram eficientes em detectar agrupamentos das propriedades físicas e químicas do solo e os efeitos dos sistemas de manejo do solo. Os dois eixos principais da PCA explicaram aproximadamente 72% da variação obtida nas principais variáveis relacionadas com as propriedades físicas e químicas, selecionadas pela contribuição aos eixos da PCA e pelo teste de correlação de Pearson (Figura 5A). Ambos os eixos (PCA1 e PCA2) definiram um gradiente claro e marcado de distribuição das propriedades entre os diferentes sistemas de cultivo, sendo mais evidente a separação de grupos entre as áreas sob SPD e SPD_LD. Assim, o primeiro eixo explicou 47,9% da variação dos dados do solo, em que a Argila foi a variável que apresentou a maior e mais significativa correlação positiva com o primeiro eixo ($R = 0,93$; $p < 0,05$), seguido do carbono orgânico ($R = 0,83$; $p < 0,05$) e a soma de bases ($R = 0,73$; $p < 0,05$), e negativamente com Areia total

($R = -0,93$; $p < 0,05$) (Apêndice D – Figura D1). O segundo eixo explicou 24.7% da variabilidade dos dados, principalmente pela alta correlação positiva de propriedades relacionadas com a acidez, como saturação por alumínio (m%) ($R = 0,93$; $p < 0,05$) e acidez potencial ($H + Al$) ($R = 0,69$; $p < 0,05$), e negativamente com a soma de bases (SB) ($R = -0,57$) (Apêndice D – Figura D1).

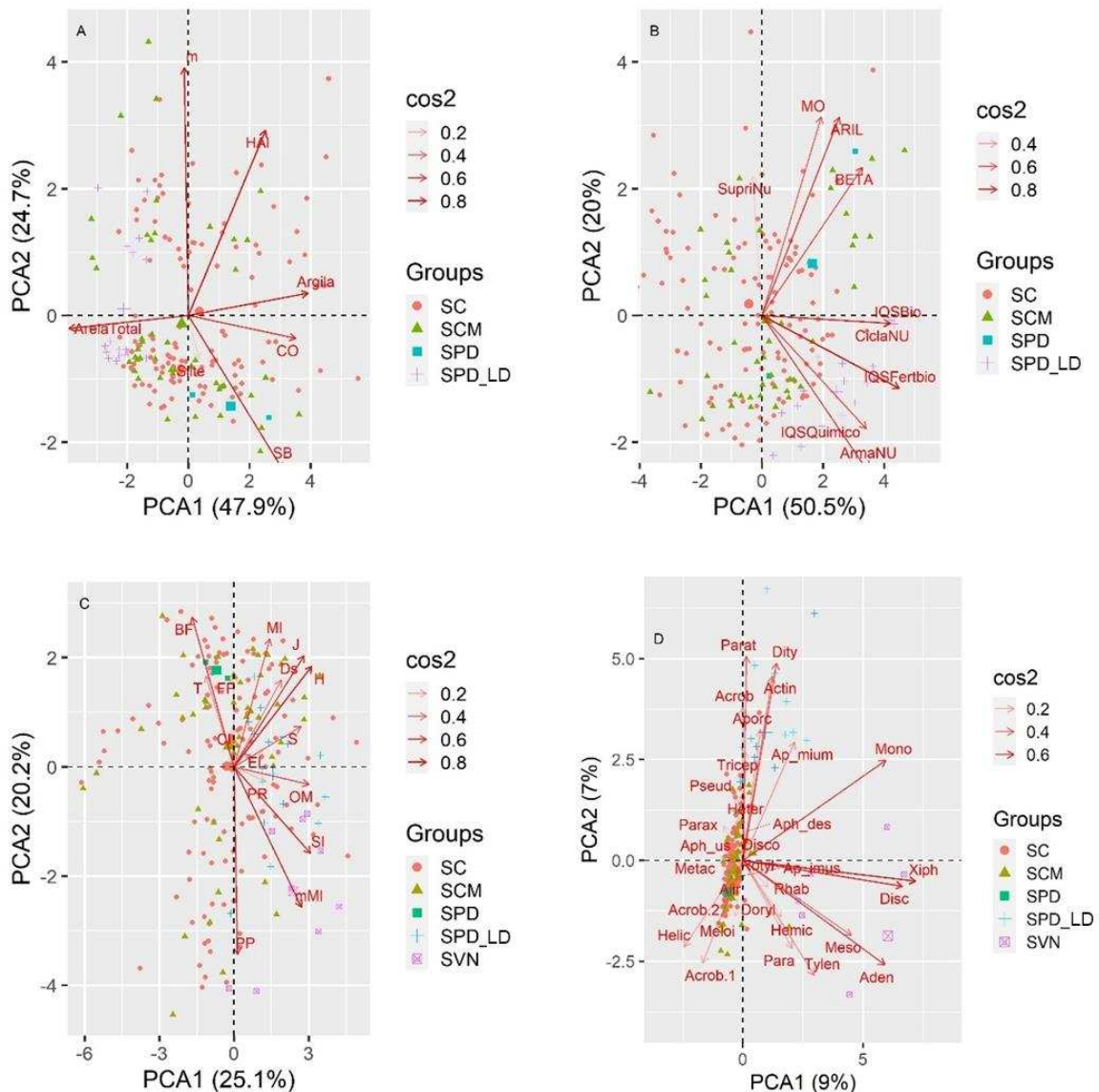


Figura 5. Análises de componentes principais (PCA). **(A)** Análise dos dados das propriedades químicas e físicas do solo (m= % de saturação por alumínio, $H + Al$ = acidez potencial, SB = soma de bases, CO= carbono orgânico, areia total, argila, silte). **(B)** Análise de dados das bioanálises do solo (ARIL = arilsulfatase, BETA = β -glicosidase, SupriNU = suprimento de nutrientes, MO = matéria orgânica, IQSBio = índice de qualidade biológica do solo, IQSQuímico = índice de qualidade química do solo, IQSFerbio = índice de qualidade química e biológica, CiclaNU = ciclagem de nutrientes, ArmaNU = armazenamento de nutrientes). **(C)** Análise das guildas e índices ecológicos dos nematoides do solo (grupos tróficos, PP = parasita de plantas, BF = bacteriófagos, OM = onívoros e PR = predadores, índice de diversidade de Shannon = H' , índice de diversidade de Simpson = Ds, diversidade trófica =

T, índice de maturidade = MI, índice de maturidade modificado = mMI, índice de enriquecimento = EI, índice de estrutura = SI, índice de canal de decomposição = CI). **(D)** Análise dos gêneros de nematoides do solo (*Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Discocricionemella*, *Paratylenchus*, *Hemicycliophora*, *Mesocriconema*, *Heterodera*, *Paratrichodorus*, *Tylenchus*, *Xiphinema*, *Ditylenchus*, *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Rhabdolaimus*, *Acrobeles*, *Acrobeloides*, *Metacrobeles*, *Pseudacrobeles*, *Alirhabditis*, *Tricephalobus*, *Adenolaimus*, *Dorylaimellus*, *Paraxonchium*, *Actinolaimus*, *Aporcelaimium*, *Aporcedorus*, *Mononchus*, *Discolaimium*) em diferentes sistemas de cultivos (SC = Sistema Convencional, SCM = Sistema de Cultivo Mínimo, SPD = Sistema Plantio Direto, SPD_LD = Sistema Plantio Direto implantado em experimento de longa duração e VNC = Vegetação Nativa Cerrado).

3.9.2. Bioanálises

As análises de componentes principais (PCA) foram eficientes em detectar agrupamentos das bioanálises e os efeitos dos sistemas de manejo do solo. Os dois eixos principais da PCA explicaram aproximadamente 70% da variação das principais variáveis relacionadas com as bioanálises, selecionadas pela contribuição aos eixos da PCA e pelo teste de correlação de Pearson (Figura 5B). Ambos os eixos definem um gradiente claro e marcado de distribuição das variáveis entre os tratamentos, sendo mais evidente a separação de grupos entre os tratamentos SPD e SPD_LD. Assim, o primeiro eixo explicou 50,5% da variação dos dados, em que o IQS Fertbio foi a variável que apresentou a maior e mais significativa correlação positiva com o primeiro eixo ($R = 0,95$; $p < 0,05$), seguido do IQS Bio e Ciclagem de nutrientes ($R = 0,89$; $p < 0,05$) e Armazenamento de nutrientes ($R = 0,74$; $p < 0,05$) (Apêndice D – Figura D2). O segundo eixo explicou 20% da variabilidade dos dados, principalmente pela alta correlação positiva das enzimas, como a Arilsulfatase ($R = 0,66$; $p < 0,05$), β -glicosidase ($R = 0,49$), e Matéria orgânica MO ($R = 0,66$; $p < 0,005$) (Apêndice D – Figura D2).

3.9.3. Índices ecológicos e guildas funcionais dos nematoides

As análises de componentes principais (PCA) foram eficientes em detectar agrupamentos dos índices e grupos tróficos dos nematoides e os efeitos dos sistemas de manejo do solo. Os dois eixos principais da PCA explicaram aproximadamente 45% da variação das principais variáveis relacionadas com os índices ecológicos e grupos tróficos, selecionadas pela contribuição aos eixos da PCA e pelo teste de correlação de Pearson (Figura 5C). Ambos os eixos definem um gradiente claro e marcado de distribuição das propriedades entre os tratamentos, sendo mais evidente a separação de grupos entre os tratamentos VNC e SPD. Assim, o primeiro eixo explicou 25,1% da variação dos dados, em que o índice de diversidade de Shannon

H' foi a variável que apresentou a maior correlação positiva e significativa, com o primeiro eixo ($R = 0,76$; $p < 0,05$), seguido do índice de estrutura SI ($R = 0,74$; $p < 0,05$), grupo trófico dos onívoros OM ($R = 0,73$; $p < 0,05$) e índice de maturidade modificado mMI ($R = 0,66$; $p < 0,05$) e negativamente com os bacteriófagos BF ($R = - 0,41$) (Apêndice D – Figura D3). O segundo eixo explicou 20.2% da variabilidade dos dados, principalmente pela correlação positiva dos bacteriófagos BF ($R = 0,66$; $p < 0,05$) e índice de maturidade MI ($R = 0,69$; $p < 0,05$), e negativamente com parasita de plantas PP ($R = - 0,83$; $p < 0,05$) (Apêndice D – Figura D3).

3.9.4. Gêneros dos nematoides encontrados

As análises de componentes principais (PCA) foram eficientes em detectar agrupamentos dos gêneros de nematoides e os efeitos dos sistemas de manejo do solo. Os dois eixos principais da PCA explicaram aproximadamente 16% da variação dos gêneros dos nematoides, selecionados pela contribuição aos eixos da PCA e pelo teste de correlação de Pearson (Figura 5D). Ambos os eixos definem um gradiente claro e marcado de distribuição das propriedades entre os tratamentos, sendo mais evidente a separação de grupos entre os VNC, SPD_LD e SPD. Assim, o primeiro eixo (PC1) explicou 9% da variação dos dados, em que o gênero *Xiphinema* foi a variável que apresentou uma correlação positiva e significativa com o primeiro eixo ($R = 0,82$; $p < 0,05$), seguido de *Discocriconemella* ($R = 0,76$; $p < 0,05$) e *Adenolaimus* ($R = 0,68$; $p < 0,05$). O segundo eixo explicou 7% da variabilidade dos dados, principalmente pela correlação positiva do gênero *Paratrichodorus* ($R = 0,58$; $p < 0,05$) e *Ditylenchus* ($R = 0,56$; $p < 0,05$), e negativamente com *Tylenchus* ($R = - 0,32$; $p < 0,05$) (Apêndice D - Figura D4).

Na Figura 5D foi possível observar uma evidente separação de gêneros de nematoides entre a VNC e o SPD_LD. Os resultados demonstraram que houve um agrupamento dos gêneros *Xiphinema*, *Adenolaimus*, *Mesocriconema*, *Discocriconemella* e *Aporcelaimus* com a VNC. Esse grupo de nematoides estão associados com o IQSFertbio, IQSQuímico, armazenamento de nutrientes (ArmaNU) e ciclagem de nutrientes (CiclaNU) (Figuras 5B e D). Além disso, esse mesmo grupo de nematoides também demonstrou uma associação com os maiores valores das propriedades físico-químicas do solo como silte, carbono orgânico (CO), e saturação de bases (SB) (Figuras 5A e D). Na figura 5D, SPD_LD teve o agrupamento dos

gêneros *Paratrichodorus*, *Ditylenchus*, *Actinolaimus*, *Aporcelaimium*, *Aporcedorus*, *Acrobeles* e *Aporcedorus*. Estes nematoides também estavam associados com as enzimas arilsulfatase (ARIL) e β -glicosidase (BETA) e com a matéria orgânica (MO), que por sua vez, também estavam associados com os maiores valores de saturação por alumínio (m), acidez potencial (H+Al) e argila (Figuras 5A-B e D). O grupo de nematoides que estava associado à VNC tinha uma associação com os grupos tróficos dos nematoides parasitas de plantas (PP), predadores (PR) e onívoros (OM) e com os índices de maturidade modificado (mMI) e o índice de estrutura (SI) (Figuras 5D e C), enquanto que o grupo de nematoides associado ao SPD_LD estava mais associado com o índice de maturidade (MI), índice de diversidade de Shannon (H') e por fim, com o grupo trófico dos nematoides micófagos (FF) (Figuras 5D e C).

3.10. Relação entre a nematofauna, bioanálises e propriedades químicas e físicas do solo

Para a análise da relação entre a nematofauna, bioanálises e as propriedades físico-químicas dos solos nos ambientes estudados, uma PCA foi realizada, sendo que para isso aquelas variáveis identificadas previamente com elevada relação redundante, foram excluídas da análise. Desta forma, os seguintes dados foram utilizados: diversidade (H'), grupos tróficos (BF, PP, OM), índices ecológicos (MI, mMI, SI) e bioanálises (ARIL, BETA, ArmaNU, IQSFertbio, MO), juntamente com as propriedades físicas e químicas (Areia total, silte, argila, SB, H+AL), sendo a PCA resultante, apresentada na Figura 6. Os dois eixos principais da PCA explicaram aproximadamente 52% da variação observada. Ambos os eixos definem um gradiente claro e marcado pela separação das propriedades entre os tratamentos, sendo mais evidente a separação do SPD_LD dos demais sistemas de cultivos. Assim, o primeiro eixo explicou 37,5% da variação dos dados, em que a argila foi a variável que apresentou a maior correlação positiva e significativa com o primeiro eixo ($R = 0,86$; $p < 0,05$), seguido da SB ($R = 0,72$; $P < 0,05$) e MO ($0,72$; $p < 0,05$) e negativamente com areia total ($R = - 0,87$; $p < 0,05$). O segundo eixo explicou 15,3% da variabilidade dos dados, principalmente pela alta correlação positiva do IQS Fertbio ($R = 0,91$; $p < 0,05$), ArmaNU ($R = 0,78$; $p < 0,05$) e BETA ($0,65$; $p < 0,05$) (Apêndice D - Figura D8).

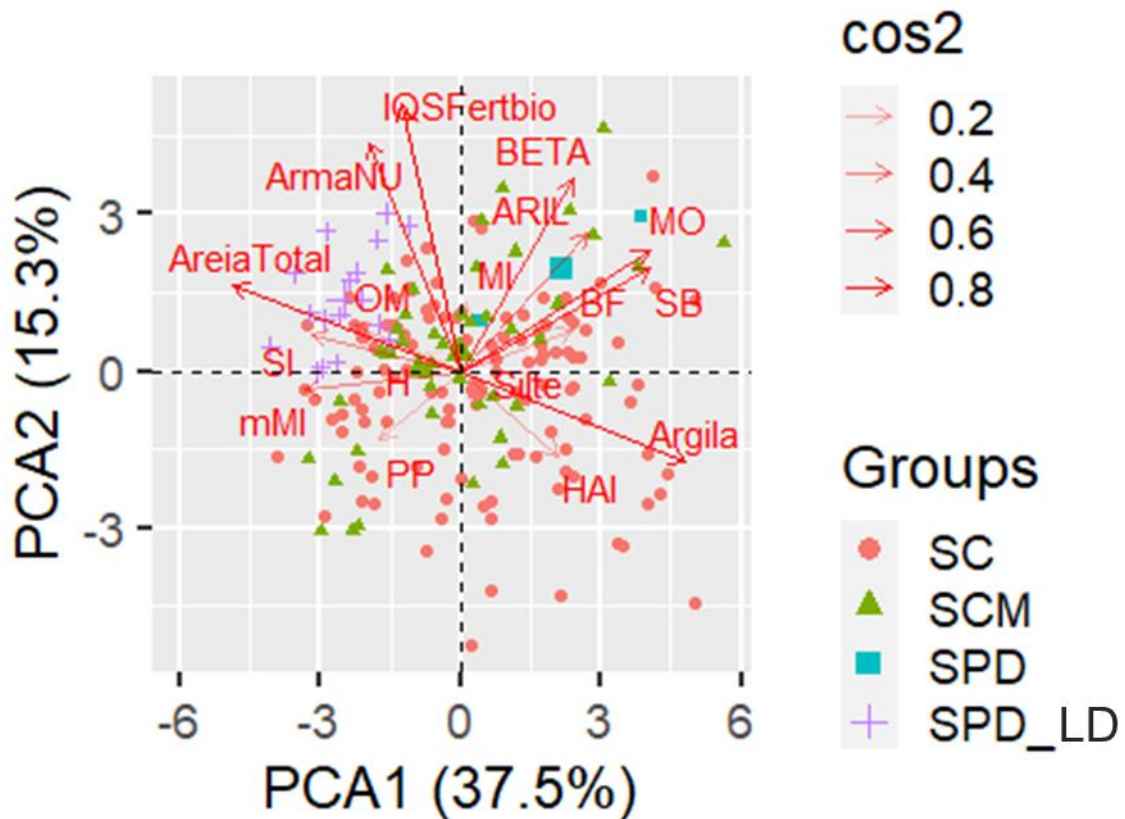


Figura 6. Análise de componentes principais (PCA). Propriedades químicas e físicas do solo (Areia total, areia, silte, SB= Soma de bases, H+Al = acidez potencial, MO = Matéria orgânica), bioanálises do solo (ARIL = Arilsulfatase, BETA = β -glicosidase, ArmaNU = Armazenamento de nutrientes, IQSFertbio = Índice de qualidade do solo fertilidade e biológico), grupos tróficos e índices ecológicos dos nematoides do solo (PP = parasita de planta, OM = Onívoros, BF = Bacteriofagos, H' = índice de diversidade de Shannon, MI = índice de maturidade, mMI = índice de maturidade modificado, SI = índice de estrutura).

Na Figura 6, foi observado que a presença do grupo trófico OM e SI se relaciona com os maiores valores de areia. Pode-se observar que nessa região do quadrante ocorre a predominância do SPD_LD. Ainda, no mesmo quadrante foi possível observar a forte correlação entre IQS Fertbio e ArmaNU ($R = 0,86$) (Apêndice D - Figura D9). As enzimas β -glicosidase e Arilsulfatase estavam altamente correlacionadas ($R = 0,60$), assim como MO e SB ($R = 0,71$) (Apêndice D - Figura D9). Ainda é possível observar uma associação entre o grupo trófico BF com Silte, e essa tendência foi observada em todos os sistemas estudados, exceto no SPD_LD. A argila correlacionou-se ($R = 0,55$) com a acidez potencial (H+AL) (Apêndice D - Figura D9), sendo que essa tendência foi observada no SC e SCM. Por fim, o grupo trófico PP, apresentou correlação ($R = 0,50$) com o mMI (Apêndice D - Figura D9), sendo observada essa tendência nos sistemas SC e SCM.

3.11. Efeitos dos índices nematológicos sobre a produtividade.

De acordo com todos os modelos lineares testados, considerando as diferentes categorias de variáveis explicativas, se observou que houve três principais preditores, os índices de OM, EI e SI, que explicam ou têm efeitos principais sobre a variação da produtividade entre os diferentes sistemas de manejo do solo (fator aleatório) (Figura 7). Assim, este estudo demonstra que grupo trófico dos onívoros (OM) (LMM, Estimativa = 0,14, $t = 2,76$, $p = 0,006$), o índice de estrutura (SI) (LMM, Estimativa = 0,05, $t = 2,81$, $p = 0,005$) e de enriquecimento (EI) (LMM, Estimativa = 0,07, $t = 2,75$, $p = 0,007$) tiveram um efeito positivo significativo sobre a produtividade (Figura 7; Apêndice D – Figura D11). Apesar da alta variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo e das bioanálises, observada nas análises de componentes principais (Figuras 5A e B), estes preditores não apresentaram efeitos significativos sobre a produtividade (Figura 7; Apêndice D – Figura D11).

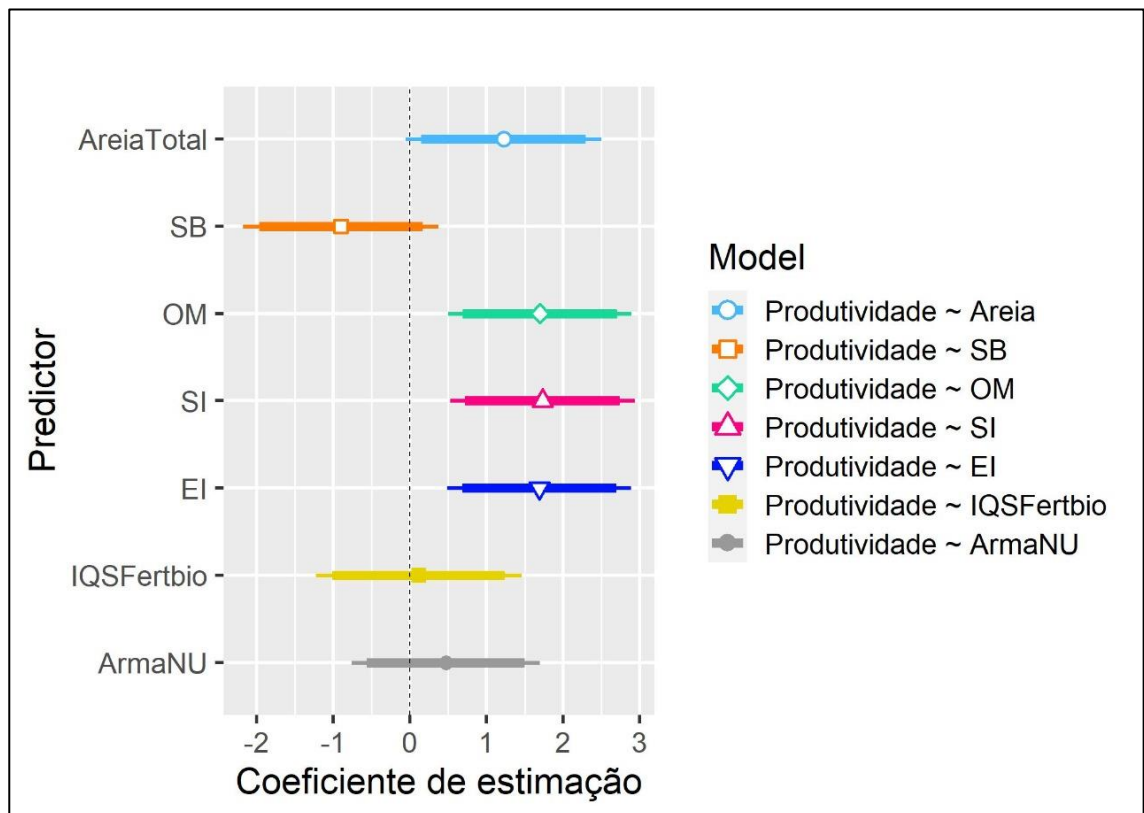


Figura 7. Relaces entre as diferentes categorias de preditores e a produtividade, baseado nos coeficientes de variao. Variáveis selecionadas areia total, SB = soma de bases, OM = onívoros, SI = ndice de estrutura, EI = ndice de enriquecimento, IQSFertbio = ndice de qualidade do solo fertilidade e biológico, armaNU = armazenamento de nutrientes.

4. DISCUSSÃO

4.1. Respostas dos índices ecológicos

Os resultados deste estudo evidenciam como padrão geral, que os sistemas de manejo conservacionistas do solo possuem maior diversidade de nematoides, em comparação ao sistema convencional e à vegetação nativa de Cerrado, sendo que nesta última, observou-se os menores valores de diversidade. Os diferentes índices de diversidade ponderam de forma diferente a abundância dos táxons presentes em cada amostra, o que pode levar a obtenção de resultados distintos dependendo do índice empregado na caracterização do ambiente. No geral, os maiores valores dos índices de diversidade são relatados em solos de vegetação nativa (campo, cerrado, pastagem, mata e outros), quando estes foram comparados com os sistemas de cultivo (perenes e anuais) (GOULART; FERRAZ, 2003; KORENKO; SCHMIDT, 2006; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a, 2008b). Em contrapartida, há relatos mostrando que a abundância total e a riqueza de gêneros podem ser maiores nos sistemas de cultivos do que na vegetação nativa (LI et al., 2007; VALOCKÁ et al., 2001), corroborando os resultados encontrados neste trabalho. O índice de diversidade de Shannon (H') atribui maior peso para as espécies raras ou menos frequentes. Neste trabalho, os maiores valores de H' foram obtidos nos sistemas conservacionistas, indicando que esses sistemas apresentaram uma maior quantidade de táxons raras. A menor diversidade observada na vegetação nativa e no sistema convencional podem estar ligados ao baixo teor de umidade e matéria orgânica disponíveis nestes solos, fatores que podem afetar a abundância da comunidade de nematoides (LIANG; STEINBERGER, 2001). Além disso, no caso da vegetação nativa, observou-se em alguns pontos amostrais, a presença de uma vegetação menos densa com solo exposto, evidências de que aquela área poderia ter passado por alguma movimentação antrópica recente antes de ser destinadas a áreas de reserva permanente, uma vez que essas amostras foram coletadas em áreas de reserva legal em nove fazendas. Ainda, não foi possível saber sobre o histórico de incêndios nas áreas de vegetação nativa, ou mesmo há quanto tempo estas encontravam sob recuperação, informações que poderiam auxiliar na interpretação de alguns dos índices ecológicos usados neste estudo.

O índice de diversidade de Simpson (D_s) e Shannon (H') foram altamente correlacionados (0,59), apesar de não separar os sistemas estudados. Segundo os

índices de H' e Ds, respectivamente foi possível observar que a maior diversidade de nematoides estava presente no sistema plantio direto de Longa duração (SPD_LD) e sistema de plantio direto (SPD). Ao que tudo indica, a prática adotada no sistema de plantio direto favoreceu esses índices de diversidade, possivelmente por apresentarem solos menos perturbados. Solos equilibrados levam o aumento gradual da biodiversidade e melhoram a saúde do solo. Estudos mostraram que a prática de plantio direto aumenta a diversidade no solo devido ao aumento de matéria orgânica, manutenção da umidade, formação de agregados e a porosidade do solo (DJIGAL et al., 2012a, 2012b; FRECKMAN; ETTEMA, 1993; FU et al., 2000; NEHER, 1999).

Estudos apontam que a intensidade do uso e do preparo do solo leva a alterações na estrutura taxionômica de comunidade de nematoides (CAIXETA et al., 2016; DE GOEDE; BONGERS, 1994; GOULART; MONTEIRO; FERRAZ, 2003; HUANG; CARES, 1995; KORENKO; SCHMIDT, 2006; MCSORLEY, 1997; NEHER, 1999; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO; FERRAZ, 2003; HUANG; CARES, 1995; KORENKO; SCHMIDT, 2006; MCSORLEY, 1997; NEHER, 1999; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a, 2008b; VALOCKÁ; SABOVÁ; RENCO, 2001; YEATES; BONGERS, 1999; ZHANG et al., 2012). Portanto, resultados deste estudo, demonstraram que as práticas agrícolas influenciaram a estrutura da nematofauna. Diversos índices ecológicos baseados na nematofauna foram propostos na década de 70 para diferenciar os sistemas de cultivos e avaliar o grau de perturbação nos agroecossistemas (BONGERS, 1990; FERRIS, 2010; FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a; FRECKMAN, 1988; WASILEWSKA, 1997; YEATES, 1994). Dos índices testados neste trabalho, os que mais se mostraram úteis para diferenciar os sistemas de cultivos foram: o índice de maturidade, maturidade modificado, índice de estrutura, índice de enriquecimento e índice de canal de decomposição da matéria orgânica.

O *status* sucessional em um ecossistema sob perturbação ambiental pode ser inferido a partir dos índices de maturidade das comunidades de nematoides. Neste estudo, o índice de maturidade (MI) e maturidade modificado (mMI) (BONGERS, 1990), foram úteis para diferenciar os sistemas de manejo do solo estudados. Os maiores valores, tanto de MI quanto de mMI foram observados nas áreas de sistema plantio direto implantado em experimento de longa duração (SPD_LD) e vegetação nativa de Cerrado (VNC). No caso da VNC e SPD_LD, os maiores valores do mMI

deve ter sido devido a incorporação dos gêneros de nematoides fitoparasitas. A VNC apresentou o maior valor para o mMI isso provavelmente pode estar relacionado com a maior densidade de nematoides da ordem Dorylaimida, juntamente com táxons de nematoides predadores, que apresentam elevados valores de c-p, que caracteriza os indivíduos “k-estrategistas”, presentes em ambientes estáveis e maduros (BONGERS, 1990; BONGERS; BONGERS, 1998b). As variações no MI são categorizados em baixos valores (<2), que indicam um ambiente em fase de início sucessional ou sob aumentos temporários de enriquecimento de nutrientes, sendo que valores próximos a 2 são indicativos de grandes distúrbios associados com uma rede alimentar pouco estruturada, já valores intermediários (2,5–3) indicam sistemas com alguma maturidade da rede alimentar do solo e altos valores (>3) indicam um sistema com uma rede alimentar complexa e bem estruturada, provavelmente com conectividade e fluxo de energia entre os níveis tróficos (SÁNCHEZ-MORENO; FERRIS, 2018). Considerando esta categorização, apesar de o SPD_LD ter apresentado o maior valor de MI (1,80), este ainda é tido como baixo e indicativo de um ambiente em início de maturação e ocorrência de aumentos temporários de enriquecimento de nutrientes. As práticas adotadas no sistema plantio direto desenvolvem propriedades ecológicas distintas, como vias de decomposição dominadas por fungos, fauna do solo diversificada e abundante, propriedades físico-químicas específicas do solo, como alto teor de matéria orgânica, com o emprego da rotação de culturas favorecendo a manutenção de maior umidade no solo e possibilitando o aumento no valor do MI (BEARE et al., 1992; MIYAZAWA et al., 2002; YOUNG; RITZ, 1999b). Como esperado, as áreas sob sistema convencional encontravam-se sob maior perturbação, com abundância de táxons bacteriófagos e micófagos c-p 2 (ETTEMA; BONGERS, 1993; FRECKMAN; ETTEMA, 1993a; LENZ; EISENBEIS, 2000; NEHER; CAMPBELL, 1994).

O índice mMI (YEATES, 1994), ao contrário do MI, leva em consideração os nematoides parasitas de plantas (PP) e por isso, são esperados valores maiores desse índice em comparação aos do MI. Similarmente ao MI, pelo mMI, as áreas sob estágio sucessional mais avançado foram VNC, seguido pelo SPD_LD. Contudo, houve divergência entre o estágio sucessional discriminado pelo mMI, em comparação a MI, para áreas de cultivos comerciais, sendo que as áreas sob estágio sucessional mais avançado seriam SC (Sistema Convencional), SCM (Sistema de

Cultivo Mínimo) e SPD. Como o SC apresentou a segunda maior abundância relativa de nematoides parasitas de plantas, isso conseqüentemente favoreceu para um maior valor mMI, levando a uma tendência diferente daquela observada pela análise do MI. No caso da VNC, a maior abundância de nematoides pertencentes a família dos Criconematidae e Longidoridae, contribuiu, em parte, para valores maiores de mMI. Táxons pertencentes a superfamília Criconematoidea (que incluem as famílias Criconematidae, Paratylenchidae e Hemicycliophoridae) são considerados altamente sensíveis às perturbações ambientais, como as práticas de revolvimento do solo (GOULART; MONTEIRO; FERRAZ, 2003; HUANG; CARES, 1995; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008b). Os nematoides da família Longidoridae podem ser úteis dentro de regiões ou tipo de solo, mas não são considerados um indicador universal (YEATES; BONGERS, 1999).

Outros trabalhos corroboram os resultados relatados aqui (ETTEMA; BONGERS, 1993; FRECKMAN; ETTEMA, 1993a; LENZ; EISENBEIS, 2000; NEHER; CAMPBELL, 1994), onde os MI e mMI têm sido úteis para detectar o efeito das diferentes práticas agrícolas sobre a qualidade do solo. Há relatos de que com o aumento da perturbação do solo, advindo por exemplo do monocultivo, há uma diminuição nos valores de MI e mMI (YEATES, 1994). O sistema plantio direto promove as maiores médias de MI e mMI (2,0 – 2,75), por adotar práticas de manejo do solo que promovem menos perturbação no ambiente e contribuem para uma maior diversidade faunística (LENZ; EISENBEIS, 2000; YEATES; BIRD, 1994). Comumente, nos sistemas que adotam a prática de plantio direto, as médias são relativamente altas para um agroecossistema, variando de 2,0 a 2,75, já as médias obtidas neste trabalho variaram de (1,56 a 1,80) para o MI e (2,59 a 3,00) para o mMI nos sistemas conservacionistas.

Neste presente estudo foi possível observar os maiores valores do PPI nas áreas de vegetação nativa, o maior valor deste índice na vegetação nativa está relacionado com a maior abundância de nematoides pertencentes a família dos Criconematidae, os nematoides pertencentes a essa família são altamente sensíveis às perturbações ambientais (GOULART; MONTEIRO; FERRAZ, 2003; HUANG; CARES, 1995; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008b). De forma geral, observa-se que maiores PPI ocorrem em terras agrícolas sob cultivo perene do que sob cultivo anual, reflexo da presença nestes primeiros, de táxons de fitonematoides com altos

valores c-p como Longidoridae e Trichodoridae (BONGERS, 1999; NEHER; CAMPBELL, 1994). Essas famílias de nematoides não foram encontradas no trabalho feito por (FRECKMAN; ETTEMA, 1993a) onde ele estimou um intervalo para o (PPI), de 2,42 à 2,65 para culturas anuais, e acima de 2,35 para áreas nunca cultivadas.

Os índices de enriquecimento (EI), de estrutura (SI) e de canal de decomposição (CI) visam prever o nível nutricional, o desenvolvimento da rede alimentar e a via de decomposição da matéria orgânica dos ambientes estudados e são também chamados de índices diagnósticos da rede alimentar do solo (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001b; DU PREEZ et al., 2022). O CI não detectou diferenças entre os sistemas de cultivo estudados, sendo que todas as áreas, incluindo a VNC, tiveram valores considerados baixos e indicativos da prevalência de bactérias na decomposição da matéria orgânica do solo (DU PREEZ et al., 2022). Os maiores valores de CI nos agroecossistemas são obtidos nos sistemas plantio direto devido a maior disponibilidade de matéria orgânica (OKADA; HARADA, 2007; ZHANG et al., 2012). Neste trabalho os maiores valores do CI foram obtidos nos sistemas de plantio direto longa duração e comercial corroborando com os autores mencionados anteriormente.

Já os EI e SI detectaram diferenças entre os sistemas de cultivo. A partir de EI é possível inferir sobre a disponibilidade de alimento e o enriquecimento de nutrientes, enquanto que o SI reflete a estrutura e a complexidade da rede alimentar nos solos. Apesar de os valores de EI observados nas áreas de cultivos sejam considerados valores intermediários de disponibilidade de alimento e enriquecimento de nutrientes, estes foram maiores sob sistema plantio direto. Já na VNC, o valor de EI foi baixo (DU PREEZ et al., 2022; FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001b). Espera-se obter valores de intermediários a altos nos sistemas de cultivos devido aos teores de fertilizantes disponíveis, principalmente o nitrogênio e a matéria orgânica, presente nestes ambientes. Altos teores de fertilizantes e matéria orgânica proporcionam o aumento dos nematoides bacteriófagos oportunistas (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a). Espera-se ainda que o EI preveja a fertilidade do solo. O uso de plantas de coberturas da família das leguminosas têm evidenciado aumentos nos valores de EI, possivelmente por estas plantas serem fixadoras de nitrogênio, elas favoreçam mais a guilda Ba1 (bacteriófagos c-p=1) (DJIGAL et al., 2012b; DUPONT; FERRIS; VAN HORN, 2009). Diversos trabalhos mostram que o EI respondem ao

aumento de fertilizantes no solo a partir de cobertura orgânica ou aplicações de fertilizantes minerais (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001b; OKADA; HARADA, 2007). As culturas de cobertura afetam a diversidade funcional da fauna do solo e a ciclagem de nutrientes. Solos cultivados em cobertura apresentam alto EI e baixo CI, sugerindo sistemas dominados por comunidades bacterianas com recursos abundantes e rápida renovação de nutrientes, qualidades muitas vezes associadas à alta produtividade agrícola. As observações realizadas neste trabalho são consistentes com estudos anteriores que relatam que o aporte de matéria orgânica e uso de plantas de cobertura (plantio direto) refletem em aumento do EI, reflexo do aumento da ciclagem de nutrientes na cadeia alimentar do solo (BERKELMANS et al., 2003; FERRIS; VENETTE; LAU, 1996; WANG; MCSORLEY; GALLAHER, 2004a, 2004b).

Os valores mais altos de SI foram obtidos na VNC e no SPD_LD. Os valores mais altos nesses dois sistemas sugerem uma estrutura de comunidade complexa com muitas ligações na cadeia alimentar (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a). O SI é determinado principalmente por comunidade de nematoides onívoros e predadores, que são sensíveis aos distúrbios ambientais e precisam de longos períodos para se estabelecer, ao contrário dos nematoides bacteriófagos e micófagos, pois estes se alimentam de decompositores (fungos e bactérias), que têm crescimento mais rápido (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001b). Ou seja, esses nematoides que compõem este índice só conseguem se desenvolver em áreas estáveis ambientalmente, sem revolvimento, sem distúrbio e sem estresse. Também foi observado que o SI é sempre maior em áreas de vegetação natural não perturbadas, do que em sistemas de cultivo anual, mesmo quando estes são manejados de forma sustentável (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001b). Geralmente observa-se que nos agroecossistemas os valores mais altos de SI são obtidos nos sistemas conservacionistas onde há um maior aporte de matéria orgânica, uma maior umidade do solo e nenhuma forma de revolvimento do solo, como foi obtido neste estudo onde os maiores valores do SI foram obtidos na vegetação nativa seguido pelo plantio direto de longa duração. Estudos mostram que os valores maiores de SI foram obtidos em sistemas plantio direto, independentemente do tipo de solo estudado (DJIGAL et al., 2012b; LENZ; EISENBEIS, 2000; OKADA; HARADA, 2007; YEATES; BIRD, 1994).

Neste estudo foi adotado o sistema de análise faunística gráfica para complementar o diagnóstico da condição da cadeia trófica nas áreas sob diferentes sistemas de cultivo fornecido pelos EI e SI (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001a). Apenas o SPD_LD estava sob condição de baixa perturbação ambiental, sob enriquecimento de nutrientes, canal de decomposição da matéria orgânica balanceado e rede trófica estruturada em condições de maturação. Em contraste, todas as áreas destinadas ao cultivo comercial, independente do sistema de manejo do solo, encontravam-se sob distúrbio acentuado, enriquecimento esgotado, canal de decomposição da matéria orgânica prevalentemente realizado por fungos e cadeia alimentar degradada. O experimento de longa duração, de onde as amostras de SPD_LD foram coletadas, está sendo conduzido há 9 anos, adotando todas as práticas que são preconizadas pelo sistema plantio direto como o não revolvimento do solo, cobertura do solo com palhada e rotação de culturas. Possivelmente o sistema plantio direto comercial (SPD) adotados pelos produtores da região, não atendem todas as premissas do Plantio Direto como por exemplo a rotação de culturas. Outros estudos têm mostrado resultados similares onde os sistemas de cultivo orgânico apresentam um ambiente com distúrbio de baixo a moderado, enriquecidos com nitrogênio, canal de decomposição da matéria orgânica balanceado e uma cadeia alimentar em maturação (agrupados no quadrante B) (SÁNCHEZ-MORENO et al., 2009). Já os sistemas convencionais foram classificados como ambientes com estresses, enriquecimento esgotado, canal de decomposição realizado pelos fungos e com uma cadeia alimentar degradada (agrupados no quadrante D) (SÁNCHEZ-MORENO et al., 2009), corroborando os resultados obtidos neste estudo. Como esperado, as áreas sob vegetação natural caracterizaram-se pela ausência de distúrbios, sob um enriquecimento moderado, decomposição da matéria orgânica com prevalência pelos fungos e uma rede alimentar estruturada.

4.2. Respostas das propriedades químicas e físicas do solo

As principais variáveis físico-químicas do solo que mais explicaram o conjunto de dados foram areia, silte, argila, acidez potencial, soma de bases e matéria orgânica. A matéria orgânica do solo tem apresentado efeito potencial na redução dos fitonematoides e promove a melhorias nos aspectos físico-químicos do solo sendo transformada em húmos pelos fungos, neutralizando a acidez e favorecendo a

proliferação bacteriana, além de favorecer o desenvolvimento do grupo trófico dos onívoros (FERRAZ et al., 2010). Já é sabido que diversos são os fatores que podem afetar a comunidade de nematoides podendo ser influenciada não apenas pela umidade do solo e pelo tipo de vegetação presente na área, mas também por fatores químicos e físicos que compõem o solo. As mudanças nas propriedades físico-químicas do solo influenciam a abundância, distribuição e a estrutura da comunidade de nematoides (KANDJI et al., 2001). As práticas agrícolas afetam os atributos físico-químicos e biológicos dos solos (NIVELLE et al., 2016; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2006) e já é amplamente aceito que tais perturbações refletem em alterações na abundância, distribuição e estrutura das comunidades de nematoides (DU PREEZ et al., 2022; KANDJI et al., 2001; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2006). Diversos são os atributos que afetam a estrutura da comunidade de nematoides sendo elas as variáveis abióticas naturais como textura do solo, pH e umidade (KORTHALS et al., 1996; ELLIOT, 1994; NEHER, 1999; DE GOEDE et al., 1993). Segundo Yeates e Bongers (1999), o cultivo intensivo do solo promove a diminuição da diversidade da fauna de nematoides, essa diminuição é atribuída a distúrbios físico-químicos, redução na qualidade e quantidade da matéria orgânica podendo ocorrer o aumento na densidade de nematoides parasitas de plantas. Vários autores explicam a relação da textura (areia, silte, argila) do solo com a diversidade da nematofauna, podendo influenciar negativamente ou positivamente a comunidade de nematoides no solo (CARES et al., 2008; NAVAS et al., 2010; YEATES; BONGERS, 1999).

A matéria orgânica (MO) neste estudo, não separou os diferentes sistemas de cultivo estudados, no entanto o SPD e SPD_LD apresentaram as maiores médias. MO é uma das variáveis que se correlacionaram positivamente com os dois eixos da análise de componente principal PCA, os quais correlacionaram-se positivamente, com a guilda dos bacteriófagos (BF), soma de bases (SB), silte, argila e com as enzimas arilsulfatase e β -glicosidase. É sabido que a MO acumulada no solo, se torna fonte de alimento para diversos microrganismos. No momento em que a matéria orgânica é incorporada ao solo, ocorre a colonização por fungos, transformando-a em húmus, neutralizando a acidez da solução do solo, estabelecendo um ambiente favorável a proliferação bacteriana. A MO favorece o desenvolvimento desses microrganismos, os quais atuam na mineralização e imobilização do nitrogênio, além de sua nitrificação, desnitrificação e fixação biológica (FERRIS, 2010). Trabalhos têm

evidenciado que os maiores teores de MO foram obtidos em sistemas de cultivo orgânico quando comparado com o sistema convencional (BRIAR et al., 2007; NAHAR et al., 2006; TU et al., 2006).

O carbono orgânico (CO) é uma das principais fontes de energia para os microrganismos presentes no solo (FRANZLUEBBERS, 2010; KARLEN; ANDREWS; DORAN, 2001). Neste trabalho, como o esperado, os maiores teores de CO e de MO foram encontrados no SPD_LD, seguido pelo SPD em cultivos comerciais. Isso reforça que o uso das práticas de rotação de culturas e o emprego de culturas de cobertura, que contribuem para o aporte contínuo de resíduos vegetais e manutenção do solo sempre coberto são importantes para melhoria da atividade biológica nos agroecossistemas.

O teor de carbono de plantas de coberturas e resíduos de culturas afetam a umidade do solo, temperatura e pH, induzindo dessa forma, respostas de curto e médio prazo nas comunidades microbianas (BAYER et al., 2006; JORDAN, 2004; KLADIVKO, 2001; REGANOLD; ELLIOTT; UNGER, 1987). Maiores teores de carbono e nitrogênio são reportados em áreas que utilizam o plantio direto (NIVELLE et al., 2016). Diversos trabalhos relatam que os solos dos Cerrados, quando submetidos a prática do plantio direto, apresentam estoques de carbono aumentados, além de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas (BAYER et al., 2006; CARVALHO LEITE et al., 2004; CORAZZA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2004, FERREIRA et al., 2022). Práticas de cultivo convencionais com revolvimento do solo promovem a redução do carbono orgânico do solo, reduzem também a infiltração devido a compactação causada pelo maquinário utilizado, expõem o solo a erosão e reduz a estabilidade dos agregados do solo (HAJABBASI; HEMMAT, 2000; HIGASHI et al., 2014; MEEK et al., 1992; POTTER; TORBERT; MORRISON, 1995). Há relatos de perdas de até 80% do estoque original de carbono nos solos do Cerrado após cinco anos de implantação do sistema de cultivo convencional (DA SILVA; LEMAINSKI; RESCK, 1994). Essas perdas podem ser resultado tanto da rápida mineralização da matéria orgânica, quanto da erosão do solo. Vale destacar que, os maiores teores de CO e MO no SPD_LD podem estar associados ao fato de, por ser um experimento de longa duração, as medidas que atendem as premissas da sustentabilidade (ex: plantio direto) são implementadas na prática, ao contrário do que ocorre na maioria das áreas comerciais na região estudada.

4.3. Respostas das Bioanálises

As enzimas do solo são sugeridas como bons bioindicadores da qualidade do solo devido a sua relação com a biologia do solo, apresenta uma facilidade de medição e respostas rápidas a mudanças no manejo do solo. Diversos são os estudos de longo prazo que evidenciam que o uso das atividades enzimáticas do solo são sensíveis em discriminar as diferentes práticas de manejo do solo nos agroecossistemas (DICK; RASMUSSEN; KERLE, 1988b; GUPTA; GERMIDA, 1988b; MARTENS; JOHANSON; FRANKENBERGER JR, 1992). As enzimas catalisam todas as reações bioquímicas desempenhando papel fundamental nos ciclos de nutrientes do solo (BENITEZ et al., 2006; BENITEZ; MELGAR; NOGALES, 2004). As respostas das atividades enzimáticas do solo a determinadas práticas de manejo do solo têm sido utilizadas para diferenciar os sistemas de cultivo como sistema convencional versus sistema plantio direto (BENITEZ et al., 2006; MELERO et al., 2006; VAN DIEPENINGEN et al., 2006).

Neste estudo, empregou-se as enzimas β -glicosidase e arilsulfatase como indicadores da atividade microbiana nos solos sob os diferentes sistemas de manejo. A enzima β -glicosidase atua na etapa final da degradação da celulose, hidrolisando os resíduos de celobiose, liberando glicose, importante fonte de energia para os microrganismos no solo. Vários são os fatores que afetam a atividade desta enzima, mas o principal é a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais e o pH do solo (EKENLER; TABATABAI, 2003; MAKOI; NDAKIDEMI, 2008b; MENDES; REIS JUNIOR, 2004; TABATABAI, 1994). Além disso, como a atividade desta enzima está significativamente correlacionada com a mineralização do nitrogênio, a atividade desta poderia ser utilizada como um índice de mineralização de nitrogênio em solos (EKENLER; TABATABAI, 2002). Já a enzima arilsulfatase atua na hidrólise de ésteres de sulfatos do solo, assumindo uma grande importância na mineralização do enxofre. Os principais fatores que afetam a sua atividade, é a quantidade de matéria orgânica e se a mesma é rica em ésteres de sulfato, substrato desta enzima (MAKOI; NDAKIDEMI, 2008b; NOGUEIRA; MELO, 2003; TABATABAI, 1994).

As enzimas β -glicosidase e arilsulfatase não discriminaram consistentemente os diferentes sistemas de manejo do solo, como o hipotetizado neste estudo. As maiores atividades de β -glicosidase foram observadas nos sistemas SPD e SCM,

provavelmente por esses sistemas conservacionistas que adotam as práticas de manejo sustentável com o mínimo ou nenhum revolvimento do solo. Esses resultados corroboram os obtidos por García-Ruiz et al. (2009) onde a atividade da enzima β -glicosidase foi maior nos sistemas manejados de forma orgânicas do que em sistemas convencionais não sendo influenciada pelo tempo ou lugar de coleta. Porém ao agrupar as variáveis e os sistemas estudados, os valores das atividades enzimáticas do solo foram relativamente mais altos na primavera e no início do outono (AON et al., 2001; AON; COLANERI, 2001; GARCÍA-RUIZ et al., 2009). Considerando que as amostras deste estudo foram coletadas no início do outono nossos resultados estão de acordo com os resultados já relatados (GARCÍA-RUIZ et al., 2009). Verificou-se que a atividade desta enzima possui uma correlação positiva com a matéria orgânica. Estudos comprovam que a enzima β -glicosidase foi significativamente afetada pelas práticas de preparo e manejo de resíduos orgânicos sendo que sua maior atividade foi observada em cultivos sob sistema plantio direto (EKENLER; TABATABAI, 2003; LOPES et al., 2018).

Já a atividade da arilsulfatase foi maior no sistema SPD, seguido pelo SC. Trabalhos mostram que independentemente do sistema de manejo utilizado, a enzima arilsulfatase foi uma das variáveis microbianas mais estáveis ao longo do tempo em estudo realizado em solos do Cerrado (LOPES et al., 2018). Assim como a β -glicosidase, esta se mostrou relacionada positivamente com a matéria orgânica e estava relacionada positivamente com a atividade da β -glicosidase. Há relatos indicando que a atividade da arilsulfatase decresce com o aumento da profundidade e com a diminuição do teor de matéria orgânica (BALIGAR; WRIGHT; SMEDLEY, 1988), possivelmente o mesmo não foi encontrado neste trabalho devido tanto ao tipo de solo quanto a época de amostragem terem sido diferentes. Ainda, é relatado que há uma correlação positiva entre o carbono orgânico e a atividade da arilsulfatase, indicando que o tipo de solo determinará o perfil da atividade enzimática, sendo a matéria orgânica o principal fator que afeta a atividade desta enzima (DENG; TABATABAI, 1997; NOGUEIRA; MELO, 2003). Trabalhos regionais comprovam a sensibilidade das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase como indicadores da qualidade biológica do solo, sendo proposto seu uso em análise de solo de rotina no Brasil (MENDES et al., 2021a). Estudos anteriores com bioindicadores nos solos do Cerrado brasileiro demonstraram que essas duas enzimas podem atuar como indicadores de

alerta precoce de alteração no solo, em resposta a diferentes práticas de manejo (MENDES et al., 2019c).

Assim, o fato de as duas enzimas utilizadas, arilsulfatase e β -glicosidase, não terem discriminado consistentemente os sistemas de manejo, provavelmente está relacionado ao tipo de solo da região. As amostras foram coletadas em toda a região do Extremo Oeste Baiano, onde existe uma certa variabilidade no tipo e textura do solo em cada fazenda. Além disso, não foi possível obter uma quantidade equitativa de amostras de solo entre os diferentes sistemas de manejo do solo, o que pode ter contribuído para a falta de assertividade em detectar efeitos entre os sistemas estudados, quando existentes. Por fim, as condições pluviométricas de cada ponto amostral eram diferentes. Tudo isso pode ter influenciado a atividade das enzimas no solo, afetando a sensibilidade em detectar precocemente alterações ocorridas nestes solos sobre os diferentes sistemas de cultivos.

O conceito de índice de qualidade do solo, chamado de FERTBIO, propõe a unificação da época da amostragem de solo para as análises químicas e biológicas, baseado no pressuposto de que a atividade das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase consiga “acessar a memória do solo” de forma a monitorar a saúde e funcionamento da biota ao longo dos anos e permitir que o produtor consiga evidências que o aponte a necessidade de modificação nas práticas de manejo do solo (MENDES et al., 2019a, 2019c). A tecnologia FERTBIO leva em consideração as vantagens oferecidas aos agricultores e laboratórios de padronizar o tempo de amostragem e os procedimentos e pré-tratamentos necessários para a realização de fertilidade (FERT) e microbiológica (BIO) do solo. Uma das principais vantagens da proposta é a redução nos custos operacionais. Neste trabalho o IQS Fertbio não diferenciou os sistemas de cultivo estudados, apenas o SPD_LD apresentou uma média relativamente maior. Existe uma categorização para a interpretação deste índice em muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (MENDES, 2020). Os sistemas SPD, SC, SCM foram classificados como alto (0.61 a 0.80) e o SPD Longa duração foi classificado como muito alto (0.81 a 1.00). Os resultados obtidos neste trabalho, evidenciam que mais pesquisas são necessárias para validar o uso da tecnologia IQS Fertbio em análises de rotina, de forma a oferecer uma resposta mais clara e evidente de como o IQS Fertbio se comporta nos sistemas de cultivo nas diferentes regiões de produção.

O IQS Fertbio apresentou uma correlação positiva com IQS Bio, IQS Químico e com ciclagem e armazenamento de nutrientes, devido serem índices que juntos, formam o IQS Fertbio (MENDES et al., 2021b). Alguns trabalhos demonstraram que a presença da fertilização fosfatada resultou em melhores classificações para o IQS Fertbio e funções do solo, que por sua vez estavam associados aos maiores rendimentos acumulados das culturas (MENDES et al., 2021a). No entanto, não foram detectadas diferenças entre os sistemas de cultivo em relação ao teor de fósforo. Esses resultados confirmam que além de atributos físico-químicos, a determinação de indicadores microbianos deve fazer parte da rotina de análises de solo no Brasil. Segundo Mendes, Sousa e Junior (2015), a inclusão desses indicadores microbianos nas análises comerciais do solo será importante para os agricultores avaliarem se suas práticas de manejo do solo estão melhorando, conservando ou degradando os recursos ambientais.

4.4. Respostas entre a nematofauna, bioanálises e propriedades químicas e físicas do solo

Dentre os sistemas estudados, o SPD_LD apresentou o maior teor de matéria orgânica, sendo uma das principais variáveis correlacionadas com os eixos obtidos pela análise de componentes principais (PCA), correlacionando positivamente com o grupo trófico dos bacteriófagos (BF), IQS Fertbio e com as enzimas arilsulfatase e β -glicosidase e, negativamente com a propriedade do solo argila, acidez potencial e com o grupo trófico dos parasitas de plantas (PP). As propriedades do solo podem afetar direta ou indiretamente a composição e estrutura das comunidades de nematoides (DE GOEDE; BONGERS, 1994; YEATES, 1999) especificamente, as mudanças nas propriedades físicas do solo influenciam diretamente o habitat e a cadeia alimentar dos nematoides (NEHER, 1999). Muitos trabalhos relatam que as propriedades físicas como textura, teor de água e estrutura do solo estão correlacionadas com as comunidades de nematoides (GOMES; HUANG; CARES, 2003; KANDJI et al., 2001; YEATES; BONGERS, 1999). A matéria orgânica (MO) favorece a população de bacteriófagos, uma vez que esse grupo de nematoides é responsável por regular as populações das bactérias, sendo que altos teores de MO reflete em elevada abundância de nematoides bacteriófagos no solo. Isso foi relatado em cultivos que adotavam a suplementação com matéria orgânica, demonstrando que tal

suplementação, refletiu em maiores abundâncias de bacteriófagos em especial das famílias Rhabditidae e Cephalobidae (QUIST et al., 2019; YEATES, 2003b). Altos valores do IQS Fertbio se mostraram associados com às enzimas arilsulfatase e β -glicosidase, que por sua vez, demonstraram estar relacionadas com a MO. Esta tem influência em vários processos do solo, sendo por si só um indicador de qualidade do solo devido a sua importância nas principais funções do solo e seu impacto em outros indicadores físicos, químicos e biológicos (PAUL, 2016). Estudos mostram que as práticas conservacionistas de manejo do solo, aumentam a matéria orgânica e melhoram a saúde do solo, criando um habitat expandido e favorável à maior diversidade de comunidades biológicas do solo. Os resíduos vegetais e exsudados, fornecem fontes de carbono e energia para os organismos do solo, o aumento nos teores de MO melhora a aeração do solo, a temperatura, a umidade e a estabilidade dos agregados (LEHMAN et al., 2015). Além disso, a MO atua na redução da densidade populacional dos parasitas de plantas e aumenta os nematoides de vida livre, principalmente os bacteriófagos e micófagos. As populações de fitonematoides podem ser afetadas pela matéria orgânica devido a produção de compostos nematicidas, tais como ácidos graxos, amônia e outros compostos, além de promover o aumento de populações microbianas antagonistas a patógenos, contribuindo assim para o controle biológico natural de pragas e patógenos (AKHTAR, 1998; FERRIS, 2010; KAHLON; LAL; ANN-VARUGHESE, 2013).

Os maiores teores de areia foram obtidos no SPD_LD, apresentando uma correlação com o grupo trófico dos onívoros e com o índice de estrutura. Estudo associa a presença dos onívoros e de um maior índice de estrutura a solos argilosos (MCSORLEY; FREDERICK, 2002). No entanto, neste trabalho observou-se que, independentemente do tipo de solo, o sistema de manejo plantio direto conduzido por um longo período de tempo, neste caso aproximadamente 10 anos, e atendendo às premissas de sustentabilidade, possibilita a restauração da microbiota do solo, favorecendo grupo de nematoides com valores c-p mais altos, típicos de um ambiente com rede trófica estruturada. As práticas de conservação do solo a longo prazo (SPD) apresentam potencial para melhorar a abundância microbiana do solo (SUN et al., 2016). Quando a prática de conservação foi executada por um período de 8 anos, o caminho da decomposição do carbono orgânico na superfície do solo foi alterado de uma decomposição dominada por comunidades bacterianas para uma dominada por

uma comunidade fúngica (GRIFFITHS et al., 2012). Esses resultados corroboram os obtidos neste estudo, onde os maiores valores de carbono orgânico, assim como do índice de canal de decomposição (CI) estavam presentes no SPD_LD.

4.5. Efeitos dos índices baseados em nematoides sobre a produtividade

Os modelos lineares que apresentaram efeitos sobre a produtividade foram o grupo trófico dos onívoros, o índice de estrutura e o índice de enriquecimento. O grupo trófico dos onívoros apresentou um efeito positivo sobre a produtividade, indicando que a maior abundância desse grupo reflete em maiores produtividades nos sistemas estudados. Sistemas agrícolas com menores níveis de perturbação (plantio direto), tendem a estar associados a uma vasta riqueza de onívoros, o que os leva a apresentar uma melhor estruturação da cadeia alimentar, podendo proporcionar maiores benefícios para os serviços ecológicos do solo e, conseqüentemente, resultando em maior produtividade (ZHANG et al., 2013, 2015; ZHONG; ZENG; JIN, 2017). A limitação da perturbação física nesses sistemas de cultivo, além de proporcionar melhorias na textura e agregação do solo, pode ocasionar o aumento no número de nematoides estrategistas K, de ciclo de vida longo e com um tamanho do corpo maior, uma vez que esses nematoides são sensíveis a ruptura do solo e comumente encontrados em ambientes estáveis, sem perturbações do solo, como vegetação nativa e áreas com práticas de plantio direto. Sendo assim, nossos resultados confirmam a hipótese de que a prática de rotação de culturas, sem revolvimento do solo, contribui para um ambiente mais maduro ecologicamente e com menor perturbação ambiental, possibilitando a obtenção de altas produtividades.

Ainda, de acordo com os modelos lineares, a produtividade também foi influenciada positivamente pelos índices de estrutura (SI) e de enriquecimento (EI), uma vez que áreas com maiores valores desses índices, apresentaram também maiores valores de produtividade. O índice de estrutura é composto por nematoides do grupo cp 3-5, representado pelo grupo trófico dos onívoros e dos predadores, os quais produzem poucos descendentes, são mais sensíveis à perturbação ambiental e, geralmente, aparecem mais tarde na sucessão ecológica. Altos valores deste índice estão correlacionados com o equilíbrio do solo e com a maturidade do ambiente e, neste estudo, os maiores valores de SI foram obtidos na vegetação nativa de Cerrado e no sistema plantio direto de longa duração, evidenciando, mais uma vez, que a

prática de plantio direto executada por alguns anos tem a capacidade de restaurar a teia alimentar do solo assemelhando essas áreas à vegetação nativa. Outros trabalhos atestam essa mesma tendência (ITO et al., 2015; OKADA; HARADA, 2007) para a presença de maiores valores de SI em áreas sob sistema plantio direto, reflexo do aumento da abundância de táxons c-p 3-5. O índice de enriquecimento (EI) está relacionado com a disponibilidade de nutrientes, sendo composto por nematoides bacteriófagos e micófagos oportunistas em resposta ao enriquecimento de recursos. Esses nematoides, são responsáveis por mineralizar o N do solo e decompor a matéria orgânica. Assim como neste trabalho, outros encontraram uma relação positiva da produtividade com o maior valor deste índice (FERRIS; VENETTE; SCOW, 2004), indicando que o mesmo possa ser usado para medir a disponibilidade de nutrientes presente no solo e sugerindo que quanto maior for o valor deste índice maior será a produtividade.

O índice de enriquecimento, estrutura e grupo trófico dos onívoros tiveram efeito positivo sobre a produtividade. A matéria orgânica ao contrário do esperado não apresentou efeito positivo sobre a produtividade evidenciando que somente o aporte da matéria orgânica no sistema agrícola não reflete necessariamente em ganhos de produtividade, indicando que a qualidade da matéria orgânica é o ponto crucial para favorecer o estabelecimento de uma cadeia trófica estruturada e eficiente na ciclagem de nutrientes e o fluxo de energia através dos diferentes níveis tróficos da cadeia, sustentando as altas produtividades do sistema agrícola.

Este estudo é o primeiro realizado no Extremo Oeste Baiano empregando bioindicadores na avaliação da qualidade dos solos agrícolas sob diferentes sistemas de manejo. As evidências apresentadas aqui reforçam a utilidade de uso dos índices baseados em nematoides para a avaliação da qualidade do solo. Denotando também que, estes índices se mostraram mais sensíveis às perturbações presentes nos agroecossistemas estudados, em detrimento dos índices baseados na atividade microbiana (bionálises). Ainda, foi possível estabelecer que os índices de estrutura, de enriquecimento e o grupo trófico dos onívoros, afetam positivamente a produtividade. Desta forma, tais índices podem ser usados como ferramentas para o diagnóstico da qualidade dos solos agrícolas, auxiliando no direcionamento do manejo sustentável nessas áreas.

5. CONCLUSÕES

Os índices de maturidade, índice de maturidade modificado, índice parasita de plantas, índice de enriquecimento e índice de estrutura, relacionados às comunidades de nematoides, foram capazes de detectar alterações nos solos sobre diferentes sistemas de manejos.

O sistema de plantio direto promove a melhoria da saúde e sanidade do solo melhorando a capacidade e as condições físico-químicas e biológicas do solo.

A atividade das enzimas do solo arilsulfatase e β -glicosidase não foi capaz de detectar alterações nos solos sob diferentes tipos de manejo.

O IQS Fertbio foi útil para diferenciar os sistemas de cultivo, indicando o maior valor deste índice no sistema plantio direto de longa duração.

A produtividade apresenta correlação aos índices de enriquecimento de estrutura e ao grupo trófico dos onívoros.

REFERÊNCIAS

AKHTAR, M. Effects of two Compositae plant species and two types of fertilizer on nematodes in an alluvial soil, India. **Applied Soil Ecology**, v. 10, p. 21–25, 1998.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

Andrássy, I. Free-living nematodes of Hungary (Nematoda errantia). Vol. II. In: **Pedozoologica Hungarica**, Csuzdi, Cs., Mahunka, S. (eds). Hungarian Natural History Museum and Systematic Zoology Research Group of HAS, Budapest, p.496. 2007.

AON, M. A. et al. I. Spatio-temporal patterns of soil microbial and enzymatic activities in an agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 18, p. 239–254, 2001.

AON, M. A.; COLANERI, A. C. II. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 18, p. 255–270, 2001.

BALIGAR, V. C.; WRIGHT, R. J.; SMEDLEY, M. D. Enzyme activities in hill land soils of the appalachian region. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 4, p. 367–384, 1988.

BAYER, C. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, v. 86, n. 2, p. 237–245, 2006.

BEARE, M. H. et al. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in. **Source: Ecological Monographs**, v. 62, n. 4, p. 569–591, 1992.

BENITEZ, E. et al. Biochemical variability of olive-orchard soils under different management systems. **Applied Soil Ecology**, v. 32, n. 2, p. 221–231, 2006.

BENITEZ, E.; MELGAR, R.; NOGALES, R. Estimating soil resilience to a toxic organic waste by measuring enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, n. 10, p. 1615–1623, 2004.

BERKELMANS, R. et al. Effects of long-term crop management on nematode trophic levels other than plant feeders disappear after 1 year of disruptive soil management. **Applied Soil Ecology**, v. 23, n. 3, p. 223–235, 2003.

BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia - Springer**, v. 83, p. 14–19, 1990.

BONGERS, T. The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. **Plant and Soil**, v. 212, p. 13–22, 1999.

- BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 10, p. 239–251, 1998.
- BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 14, p. 224–228, 1999.
- BONGERS, T.; VAN DER MEULEN, H.; KORTHALS, G. Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 195–199, 1997.
- BRAUNACK', M. V; DEXTER, A. R. Soil Aggregation in the Seedbed: A Review. I. Properties of Aggregates and Beds of Aggregates. **Soil & Tillage Research**, v. 14, p. 259–279, 1989.
- BRIAR, S. S. et al. Soil nematode community, organic matter, microbial biomass and nitrogen dynamics in field plots transitioning from conventional to organic management. **Applied Soil Ecology**, v. 37, p. 256–266, nov. 2007.
- CAIXETA, L. B. et al. Nematode communities as indicators of the status of a soil ecosystem influenced by mining practices in Brazil. **Nematology**, v. 18, n. 3, p. 265–276, 2016.
- CARES, J. et al. The influence of Citrus spp. on the community of soil nematodes in the dry and rainy seasons in distrito federal of Brazil. **Nematologia Brasileira**, v. 32, p. 1–14, 2008.
- CARVALHO LEITE, L. F. et al. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. **Geoderma**, v. 120, n. 3–4, p. 283–295, 2004.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades municipais**. Disponível em: <http://www2.secti.ba.gov.br/atlasWEB/climatologia_p3.html>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, p. 425–432, 1999.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **State Nematology and Entomology Research Station**, 1972. 72p.
- DA SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 541–547, 1994.
- DE DEYN, G. B. et al. Plant species identity and diversity effects on different trophic levels of nematodes in the soil food web. **OIKOS**, v. 106, p. 576–586, 2004.
- DE GOEDE, R. G. M. et al. Changes in nematode community structure in a primary succession of blown-out areas in a drift sand landscape. **Fundamental and applied nematology**, v. 16, p. 501–513, 1993.

- DE GOEDE, R. G. M.; BONGERS, T. Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. **Applied Soil Ecology**, v. 1, n. 1, p. 29–44, 1994.
- DENG, S. P.; TABATABAI, M. A. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. **Biology and Fertility of Soils**, v. 24, p. 141–146, 1997.
- DICK, R. P.; RASMUSSEN, P. E.; KERLE, E. A. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, p. 159–164, 1988.
- DJIGAL, D. et al. Shifts in size, genetic structure and activity of the soil denitrifier community by nematode grazing. **European Journal of Soil Biology**, v. 46, n. 2, p. 112–118, 2010.
- DJIGAL, D. et al. Mulch type affects soil biological functioning and crop yield of conservation agriculture systems in a long-term experiment in Madagascar. **Soil and Tillage Research**, v. 118, p. 11–21, 2012a.
- DJIGAL, D. et al. Cover crops alter the soil nematode food web in banana agroecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 48, p. 142–150, 2012b.
- DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 3–11, 2000.
- DOUCET, Marcelo E.; DE LEY, Paul; LAX, Paola. Phylum Nematoda. In: **Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates**. Academic Press, p. 201–245. 2020.
- DU PREEZ, G. et al. Nematode-based indices in soil ecology: Application, utility, and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 169, p. 1–14, 2022.
- DUPONT, S. T.; FERRIS, H.; VAN HORN, M. Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. **Applied Soil Ecology**, v. 41, n. 2, p. 157–167, 2009.
- EBSARY, B. A. 1981. *Neobakernema* n. gen. (Nematoda: Criconematidae) with an emendation of *Bakernema* Wu. *Canadian Journal of Zoology* V. 59, p. 2215–2216, 1964.
- EKENLER, M.; TABATABAI, M. A. β -glucosaminidase activity of soils: Effect of cropping systems and its relationship to nitrogen mineralization. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, n. 5, p. 367–376, 2002.
- EKENLER, M.; TABATABAI, M. A. Tillage and residue management effects on β -glucosaminidase activity in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 6, p. 871–874, 2003.
- ELLIOT, C. A. Diversity indices. Em: **Principles of managing forests for biological diversity**. Prentice Hall ed. Englewood Cliffs. v. 37 p. 1–370, 1990.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5º edição ed. p. 1-355, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 1997. **Manual de Métodos de análise do solo**. 2º Ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, RJ. 212 p.

ETTEMA, C. H.; BONGERS, T. Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the Maturity Index. **Biology and Fertility of Soils**, v. 16, p. 79–85, 1993.

FERRIS, H. Contribution of Nematodes to the Structure and Function of the Soil Food Web. **Journal of Nematology**, v. 42, n. 1, p. 63–67, 2010.

FERRIS, H.; BONGERS, T. Nematode indicators of organic enrichment. **Journal of Nematology**, v. 38, p. 1–14, 2006.

FERRIS, H.; BONGERS, T. Indices Developed Specifically for Analysis of Nematode Assemblages. Em: WILSON, M. J.; KAKOULI-DUARTE, T. (Eds.). **Nematodes as Environmental Indicators**. Cabi ed. Cambridge: 2009. p. 124–145.

FERRIS, H.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Applied Soil Ecology**, v. 18, n. 1, p. 13–29, 2001.

FERRIS, H.; SÁNCHEZ-MORENO, S.; BRENNAN, E. B. Structure, functions and interguild relationships of the soil nematode assemblage in organic vegetable production. **Applied Soil Ecology**, v. 61, p. 16–25, 2012.

FERRIS, H.; VENETTE, R. C.; LAU, S. S. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility. **Applied Soil Ecology**, v. 3, p. 161–175, 1996.

FERRIS, H.; VENETTE, R. C.; SCOW, K. M. Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralisation function. **Applied Soil Ecology**, v. 25, n. 1, p. 19–35, 2004.

FLINT, A. L. & FLINT, L. E. 2002. Particle density. In: Dane, J. H. & Topp, G. C. Eds. *Methods of soil analysis: part 4 – physical methods*. **American Society of America**, Madison, WI. p. 229-240.

FRANZLUEBBERS, A. J. Will we allow soil carbon to feed our needs? **Carbon Management**, v. 1, p. 237–251, 2010.

FRECKMAN, D. W.; ETTEMA, C. H. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 45, p. 239-261, 1993.

FOTEDAR, D. N. and KAUL, V. 1985. A revised key to the species of genus *Helicotylenchus*. **Indian Journal of Nematology**, v. 15n. 2, p. 138-147.

FONSECA, G.; DERYCKE, S.; MOENS, T. Integrative taxonomy in two free-living nematode species complexes. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 94, p. 737-753, 2008.

FU, S. et al. Responses of trophic groups of soil nematodes to residue application under conventional tillage and no-till regimes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 32, p. 1731–1741, 2000.

GARCÍA-RUIZ, R. et al. Soil enzymes, nematode community and selected physico-chemical properties as soil quality indicators in organic and conventional olive oil farming: Influence of seasonality and site features. **Applied Soil Ecology**, v. 41, n. 3, p. 305–314, 2009.

GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 258–266, 2003.

GOODSELL, P. J.; UNDERWOOD, A. J.; CHAPMAN, M. G. Evidence necessary for taxa to be reliable indicators of environmental conditions or impacts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 3, p. 323–331, 2009.

GOULART, A. M. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Comunidades de nematóides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas; 1. Diversidade trófica. **Nematologia Brasileira**, v. 27, p. 123–128, 2003.

GOULART, A. M. C.; MONTEIRO, A. R.; FERRAZ, L. C. C. B. Comunidades de nematóides em cerrado com vegetação preservada ou substituída por culturas: 2. Diversidade taxionômica. **Nematologia Brasileira**, v. 27, p. 129–137, 2003.

GRIFFITHS, B. S. et al. Bioindication potential of using molecular characterisation of the nematode community: Response to soil tillage. **European Journal of Soil Biology**, v. 49, p. 92–97, 2012.

GROVER, C. S.; NGUYEN, K. B. **Illustrated key for the identification of common nematodes in Florida**, p. 1-90. 1988.

GUPTA, V. V. S. R.; GERMIDA, J. J. Distribution of microbial activity in different soil classes as affected by biomass and its aggregate size cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 10, p. 777–786, 1988.

HAJABBASI, M. A.; HEMMAT, A. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. **Soil & Tillage Research**, v. 56, p. 205–212, 2000.

HIGASHI, T. et al. Tillage and cover crop species affect soil organic carbon in Andosol, Kanto, Japan. **Soil and Tillage Research**, v. 138, p. 64–72, 2014.

HUANG, S. P.; CARES, J. H. Community Composition of Plant-parasitic Nematodes in Native and Cultivated Cerrados of Central Brazil. **Journal of Nematology**, v. 27, p. 237–243, 1995.

ITO, T. et al. Soil nematode community structure affected by tillage systems and cover crop managements in organic soybean production. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 137–147, 2015.

JAIRAJPURI, M.S. AND AHMAD, W. **Dorylaimida: Free-living, Predaceous, and Plant-parasitic Nematodes**. E.J. Brill, Leiden, 1992. 458 p.

JENKINS, W. R. B. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, 1964.

JONES, J. T. et al. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 14, p. 946–961, 2013.

JORDAN, C. F. Organic farming and agroforestry: Alleycropping for mulch production for organic farms of southeastern United States. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 79–90, 2004.

KAHLON, M. S.; LAL, R.; ANN-VARUGHESE, M. Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. **Soil and Tillage Research**, v. 126, p. 151–158, 2013.

KANDJI, S. T. et al. Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physico-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. **Applied Soil Ecology**, v. 18, p. 143–157, 2001.

KARLEN, D. L.; ANDREWS, S. S.; DORAN, J. W. Soil Quality: Current Concepts And Applications. **Geoderma**, v. 114, p. 145-156, 2003.

KLADIVKO, E. J. Tillage systems and soil ecology. **Soil & Tillage Research**, v. 61, p. 61–76, 2001.

KORENKO, V.; SCHMIDT, C. Effects of agricultural practices in the rice crop system on nematode communities in Uruguay. **Nematologia Mediterranea**, v. 4, p. 151–159, 2006.

KORTHALS, G. W. et al. Long-term effects of copper and pH on the nematode community in an agroecosystem. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 15, p. 979–985, 1996.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, n. 5677, p. 1623–1627, 2004.

LAL, R. Enhancing eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. **Crop Science**, v. 50, p. 120–132, 2010.

LEHMAN, R. M. et al. Understanding and enhancing soil biological health: The solution for reversing soil degradation. **Sustainability**, v. 7, n. 1, p. 988–1027, 2015.

LENZ, R.; EISENBEIS, G. Short-term effects of different tillage in a sustainable farming system on nematode community structure. **Biol Fertil Soils**, v. 31, p. 237–244, 2000.

- LI, Y. et al. Original vegetation type affects soil nematode communities. **Applied Soil Ecology**, v. 35, n. 1, p. 68–78, 2007.
- LIANG, W.; STEINBERGER, Y. Temporal changes in nematode community structure in a desert ecosystem. **Journal of Arid Environments**, v. 48, n. 3, p. 267–280, 2001.
- LIEBIG, M. A.; TANAKA, D. L.; WIENHOLD, B. J. Tillage and cropping effects on soil quality indicators in the northern Great Plains. **Soil and Tillage Research**, v. 78, n. 2, p. 131–141, 2004.
- LIU, T. et al. Carbon-rich organic fertilizers to increase soil biodiversity: Evidence from a meta-analysis of nematode communities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 232, p. 199–207, 2016a.
- LIU, T. et al. Soil nematode community response to fertilisation in the root-associated and bulk soils of a rice-wheat agroecosystem. **Nematology**, v. 18, n. 6, p. 727–741, 2016b.
- LOPES, A. A. C. et al. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 12, p. 72–82, 2018.
- LOPES, A. A. C. et al. Enzyme activities in a sandy soil of Western Bahia under cotton production systems: short-term effects, temporal variability, and the FERTBIO sample concept. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 4, p. 2193–2204, 2021.
- LOPES, A. A. DE C. et al. Interpretation of Microbial Soil Indicators as a Function of Crop Yield and Organic Carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 2, p. 461–472, 2013.
- LU, Z. BIN et al. Effects of crop species richness on the community of soil nematodes in an experimental agro-ecosystem. **European Journal of Soil Biology**, v. 73, p. 26–33, 2016.
- MAGURRAN, A. E. Diversity indices and species abundance models. In: **Ecological diversity and its measurement**. Springer, Dordrecht, v.2, p. 1-45, 1988. MAGGENTI, A. Classification of Nemata. In: **General Nematology**. New York :Springer, 1981. p. 305-346.
- MAKOI, J. H. J. R.; NDAKIDEMI, P. A. Selected soil enzymes: Examples of their potential roles in the ecosystem. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 3, p. 181–191, 2008.
- MARTENS, D. A.; JOHANSON, J. B.; FRANKENBERGER JR, W. T. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. **Soil Science**, v. 153, p. 53–61, 1992.
- MARTENS, D. A.; JOHANSON, J. B.; FRANKENBERGER, W. T. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. **Soil Science**, v. 153, p.56-61, 1992. MARTIN, T.; SPRUNGER, C. D. Soil food web structure and function in annual row-crop systems: How can nematode communities infer soil health? **Applied Soil Ecology**, v. 178, p. 1–12, 2022.

- MCSORLEY, R. Relationship of crop and rainfall to soil nematode community structure in perennial agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 6, n. 2, p. 147–159, 1997.
- MCSORLEY, R.; FREDERICK, J. J. Effect of subsurface clay on nematode communities in a sandy soil. **Applied Soil Ecology**, v. 19, p. 1–11, 2002.
- MEEK, B. D. et al. Infiltration rate of a sandy loam soil: Effects of traffic, tillage, and plant roots. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 908–913, 1992.
- MELERO, S. et al. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. **Soil and Tillage Research**, v. 90, p. 162–170, 2006.
- MENDES, I. C. et al. Critical limits for microbial indicators in tropical Oxisols at post-harvest: The FERTBIO soil sample concept. **Applied Soil Ecology**, v. 139, p. 85–93, 2019.
- MENDES, I. C. et al. **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2018. 24p.
- MENDES, I. C. **BioAS Padrões de laudos e suas interpretações**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2020. 7p.
- MENDES, I. C. et al. Soil quality and grain yield: A win–win combination in clayey tropical oxisols. **Geoderma**, v. 388, 2021.
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Uso de Parâmetros Microbiológicos como Indicadores para Avaliar a Qualidade do Solo e a Sustentabilidade dos Agroecossistemas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 31p.
- MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; JUNIOR, B. F. J. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2015a. 20p.
- MENDES, I. C. et al. **Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2019. 64p.
- MENDES, I. C. et al. **Tecnologia BioAS Uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021b. 50p.
- MIYAZAWA, K. et al. The effects of cropping systems and fallow managements on microarthropod populations. **Plant Production Science**, v. 5, n. 3, p. 257–265, 2002.
- MIYAZAWA, K. et al. Response of soybean, sugar beet and spring wheat to the combination of reduced tillage and fertilization practices. **Plant Production Science**, v. 7, n. 1, p. 77–87, 2004.
- NAHAR, M. S. et al. Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties. **Applied Soil Ecology**, v. 34, p. 140–151, 2006.
- NAKAMURA, Y. The Effect of Soil Management on the Soil Faunal Makeup of a Cropped Andosol in Central Japan. **Soil & Tillage Research**, v. 12, p. 177–186, 1988.

- NAVAS, A. et al. Effects of heavy metal soil pollution on nematode communities after the aznalcollar mining spill. **Nematropica**, v. 40, p. 1–18, 2010.
- NEHER, D. A. Nematode communities in organically and conventionally Managed Agricultural Soils 1. **Journal of Nematology**, v.31, p. 142–154, 1999.
- NEHER, D. A. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. **Journal of Nematology**, v.31, p. 161–168, 2001.
- NEHER, D. A.; CAMPBELL, C. L. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. **Applied Soil Ecology**, v. 1, p. 17–28, 1994.
- NIVELLE, E. et al. Functional response of soil microbial communities to tillage, cover crops and nitrogen fertilization. **Applied Soil Ecology**, v. 108, p. 147–155, 2016.
- NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p. 655–663, 2003.
- OKADA, H.; HARADA, H. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. **Applied Soil Ecology**, v. 35, n. 3, p. 582–598, 2007.
- OLIVEIRA, G. C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, p. 327–336, 2004.
- OLIVEIRA, R. D. L.; WILCKEN, S. R. S. Serviços laboratoriais de diagnose de doenças causadas por fitonematoides. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. (org.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas, SP: Millennium Editora, 2016. p. 217-236.
- PARK, J.; SEATON, R. A. F. Integrative research and sustainable agriculture. **Agricultural Systems**, v. 50, p. 81–100, 1996.
- PASCUAL, J. A. et al. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. **Soil biology & Biochemistry**, v. 32, p. 1877–1883, 2000.
- PAUL, E. A. The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 98, p. 109–126, 2016.
- PIELOU, E. C. **Mathematical Ecology**. New York: Wiley, 1977.
- POTTER, K. N.; TORBERT, H. A.; MORRISON, J. E. Tillage and residue effects on infiltration and sediment losses on vertisols. **Soil and Water**, v. 38, p. 1–7, 1995.
- QUIST, C. W. et al. Spatial distribution of soil nematodes relates to soil organic matter and life strategy. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 136, p. 1-11, 2019.
- REGANOLD, J. P.; ELLIOTT, L. F.; UNGER, Y. L. Efeitos a longo prazo da agricultura orgânica e convencional na erosão do solo. **Nature**, v. 26, p. 1-3, 1987.

RITZ, K.; TRUDGILL, D. L. Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges. **Plant and Soil**, v. 212, p. 1–11, 1999.

SÁNCHEZ-MORENO, S. et al. Linking soil properties and nematode community composition: effects of soil management on soil food webs. **Nematology**, v. 8, p. 703–715, 2006.

SÁNCHEZ-MORENO, S. et al. Effects of agricultural management on nematode-mite assemblages: Soil food web indices as predictors of mite community composition. **Applied Soil Ecology**, v. 41, n. 1, p. 107–117, 2009.

SÁNCHEZ-MORENO, S. et al. Nematodes as indicators of fumigant effects on soil food webs in strawberry crops in Southern Spain. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 148–156, 2010.

SÁNCHEZ-MORENO, S. et al. Abundance, diversity and connectance of soil food web channels along environmental gradients in an agricultural landscape. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 12, p. 2374–2383, 2011.

SÁNCHEZ-MORENO, S.; FERRIS, H. Nematode ecology and soil health. In: **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. London :CAB International, 2018. p. 62–83.

SCHALLER, N. The concept of agricultural sustainability. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 46, n. 1–4, p. 89–97, 1993.

SEINHORST, J. W. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. **Nematologica**, v. 4, p. 67–69, 1959.

SIDDIQI, M. R. **Tylenchida, parasites of plants and insects**. St Albans, England: Commonwealth Institute of Parasitology, 1986.

SUN, B. et al. Tillage, seasonal and depths effects on soil microbial properties in black soil of Northeast China. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 421–428, 2016.

SUTER, G. W. Applicability of indicator monitoring to ecological risk assessment. **Ecological Indicators**, v. 1, p. 101–112, 2001.

TABATABAI, M. A. Soil Enzymes. Em: **Methods of soil analysis: Part 2 Microbiological and biochemical properties**. John Wiley & Sons, v. 5, p. 775–833. 1994.

THOMPSON, P. B. Agricultural sustainability: What it is and what it is not. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 5, n. 1, p. 5–16, 2007.

THORP, James H.; ROGERS, D. Christopher (Ed.). **Thorp and Covich's freshwater invertebrates: ecology and general biology**. London: Elsevier, 2014.

TOMAZINI, M. D.; FERRAZ, L. C. B.; MONTEIRO, A. R. Estrutura Trófica e Índices de Maturidade de Comunidades de Nematóides em Áreas Contíguas de Vegetação

Natural e Submetidas a Diferentes Tipos de Uso Agrícola. **Nematologia Brasileira**, v. 32, p. 1–12, 2008a.

TOMAZINI, M. D.; FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Abundância e Diversidade de Nematóides em Áreas Contíguas de Vegetação Natural e Submetidas a Diferentes Tipos de Uso Agrícola. **Nematologia Brasileira**, v. 1, p. 1–10, 2008b.

TU, C. et al. Responses of soil microbial biomass and N availability to transition strategies from conventional to organic farming systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 113, p. 206–215, 2006.

UGARTE, C. M.; ZABORSKI, E. R.; WANDER, M. M. Nematode indicators as integrative measures of soil condition in organic cropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 64, p. 103–113, 2013.

URZELAI, A.; JESUS HERNANDEZ, A.; PASTOR, J. Biotic indices based on soil nematode communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. **The Science of the Total Environment**, v. 247, p. 253261, 2000.

VALOCKÁ, B.; SABOVÁ, M.; RENCO, M. Soil and plant nematode communities of two types of ecosystems. **Helminthologia**, v. 38, p. 105–109, 2001.

VAN DIEPENINGEN, A. D. et al. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. **Applied Soil Ecology**, v. 31, p. 120–135, 2006.

VELTEN, S. et al. What is sustainable agriculture? A systematic review. **Sustainability**, v. 7, p. 7833–7865, 2015.

WANG, K.-H.; MCSORLEY, R.; GALLAHER, R. N. Effect of winter cover crops on nematode population levels in North Florida 1. **Journal of Nematology**, v. 36, p. 517–523, 2004a.

WANG, K.-H.; MCSORLEY, R.; GALLAHER, R. N. Relationship of soil management history and nutrient status to nematode community structure. **Nematropica**, v. 34, p. 1–14, 2004b.

WASILEWSKA, L. Changes in the proportions of groups of bacterivorous soil nematodes with different life strategies in relation to environmental conditions. **Applied Soil Ecology**, v.9, p. 215–220, 1998.

WILSON, J. B. Guilds, Functional types and ecological groups. **Oikos**, v. 86, n. 3, p. 507–522, 1999.

YEATES, G. W. et al. Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera-An Outline for Soil Ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 3, p. 315–331, 1993.

YEATES, G. W. Modification and quantification of the nematode maturity index. **Pedobiologia**, v. 38, p. 97–101, 1994.

YEATES, G. W. The physiology and biochemistry of free living and plant-parasitic nematodes. In: PERRY, R. N.; WRIGHT, D. J. (Eds.). Feeding in free-living nematodes: a functional approach. Wallingford: **CABI**, 1998. p. 245–2269.

- YEATES, G. W. Effects of plants on nematode community structure. **Annual review of phytopathology**, v. 37, p. 127–149, 1999.
- YEATES, G. W. Nematodes as soil indicators: Functional and biodiversity aspects. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 199–210, 2003.
- YEATES, G. W.; BIRD, A. F. Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunae of some South Australian soils. **Fundamental and applied nematology**, v. 17, p. 133–145, 1994.
- YEATES, G. W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. Em: **Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes**. Elsevier, 1999. p. 113–135.
- YODER, M. et al. DESS: a versatile solution for preserving morphology and extractable DNA of nematodes. **Nematology**, v. 8, n. 3, p. 367–376, 2006.
- YOUNG, I. M.; RITZ, K. Tillage, habitat space and function of soil microbes. **Soil & Tillage Research**, v. 53, p. 201–213, 1999a.
- YOUNG, I. M.; RITZ, K. Tillage, habitat space and function of soil microbes. **Soil & Tillage Research**, p. 201–213, 1999b.
- ZHANG, S. et al. Contributions of soil biota to C sequestration varied with aggregate fractions under different tillage systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 62, p. 147–156, 2013.
- ZHANG, S. et al. Tillage effects outweigh seasonal effects on soil nematode community structure. **Soil and Tillage Research**, v. 192, p. 233–239, 2019.
- ZHANG, X. et al. Effects of tillage and residue management on soil nematode communities in North China. **Ecological Indicators**, v. 13, n. 1, p. 75–81, 2012.

APÊNDICE A – Relação das amostras coletadas com as respectivas localidades, manejo, produtividade, cultivar, histórico e tempo de abertura da área na região do Extremo Oeste Baiano.

ID Lab	ID amostras	Coordenadas (S)	Coordenadas (W)	Núcleo de produção	Município	Altitude (m)	Manejo	Produtividade/ha	Cultivar	Histórico do talhão	Tempo de abertura de área
100	2101019	12°34'745"	045°86'976"	Alto Horizonte	LEM	858	SPD	72	M_8349	Baixa	10
101	2101020	12°34'719"	045°86'865"	Alto Horizonte	LEM	886	SPD	70	M_8349	Baixa	10
8	2101021	12°33'727"	045°86'629"	Alto Horizonte	LEM	849	SC	78.1	M_8349	Baixa	40
9	2101042	12°25'801"	046°15'093"	Alto Horizonte	LEM	885	SC	84.3	M_8349	Alta	40
10	2101043	12°26'892"	046°14'560"	Alto Horizonte	LEM	852	SC	83.5	M_8349	Alta	40
11	2101044	12°27'963"	046°14'037"	Alto Horizonte	LEM	738	SC	61.2	M_8349	Baixa	40
12	2101045	12°28'980"	046°13'603"	Alto Horizonte	LEM	752	SC	59.8	M_8349	Baixa	10
13	2101046	12°19'145"	046°09'091"	Alto Horizonte	LEM	794	SC	61.8	M_8349	Baixa	9
14	2101047	12°22'455"	046°09'043"	Alto Horizonte	LEM	757	SC	63.5	M_8349	Alta	20
15	2101048	12°23'671"	046°09'345"	Alto Horizonte	LEM	752	SC	65	M_8349	Baixa	10
16	2102096	12°58'966"	044°72'405"	Campo Grande	São Desidério	733	SC	63	M_8349	Baixa	10
17	2102097	12°63'839"	044°74'451"	Campo Grande	São Desidério	734	SC	59	M_8808	Baixa	10
18	2102098	12°65'151"	044°73'669"	Campo Grande	São Desidério	747	SC	61	M_8808	Baixa	10
19	2102099	12°68'119"	044°74'038"	Campo Grande	São Desidério	774	SC	73	M_8349	Baixa	30
20	2102100	12°63'028"	044°81'298"	Campo Grande	São Desidério	753	SC	75	M_8349	Baixa	30
21	2102101	12°65'158"	044°81'089"	Campo Grande	São Desidério	831	SC	80.42	CZ_58B28	Alta	25
22	2102102	12°65'693"	044°83'430"	Campo Grande	São Desidério	749	SC	79.44	TMG_2383	Alta	15
23	2102103	12°63'929"	044°82'285"	Campo Grande	São Desidério	763	SC	70.55	M_8349	Baixa	8

24	2103104	10°59'536"	045°49'141"	Coaceral	Formosa do Rio Preto	772	SC	67.49	M_8349	Baixa	9
27	2103105	10°58'864"	045°50'072"	Coaceral	Formosa do Rio Preto	780	SC	83.6	CZ_58B28	Alta	20
28	2103106	10°63'865"	045°74'437"	Coaceral	Formosa do Rio Preto	776	SC	76.81	JURUENA	Alta	20
29	2103107	10°67'895"	045°77'225"	Coaceral	Formosa do Rio Preto	788	SC	76.5	JURUENA	Alta	20
30	2103108	10°64'113"	045°60'898"	Coaceral	Formosa do Rio Preto	796	SC	85.64	M_8349	Baixa	21
31	2103109	10°64'073"	045°60'975"	Coaceral	Formosa do Rio Preto	758	SC	79.69	HO_84I85	Alta	22
32	2104001	11°79'140"	045°74'096"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	790	SC	70.02	CZ_58B28	Alta	21
33	2104002	11°79'118"	045°79'409"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	804	SC	74	CZ_58B28	Alta	18
34	2104003	11°45'644"	045°43'519"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	812	SC	63	M_8349	Baixa	16
35	2104004	11°76'074"	045°72'532"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	807	SC	75	M_8349	Baixa	16
36	2104005	11°75'451"	045°79'745"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	826	SC	53	M_8349	Baixa	17
37	2104006	11°70'943"	045°97'348"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	731	SC	60.55	JURUENA	Baixa	15
39	2104007	11°71'175"	045°98'600"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	752	SC	94	CZ_58B28	Baixa	15
40	2104008	11°70'460"	045°99'199"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	748	SC	90	CZ_58B28	Baixa	15
41	2104009	11°69'845"	046°00'613"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	784	SC	41	M_8349	Baixa	12
42	2104010	11°70'825"	046°02'476"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	781	SC	43.06	M_8349	Baixa	10
43	2104011	11°70'933"	046°02'539"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	758	SC	52.67	M_8349	Baixa	4
44	2104012	12°08'127"	045°71'329"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	761	SC	47.52	M_8349	Baixa	10
45	2104022	11°46'733"	045°39'016"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	752	SC	79.65	CZ_58B28	Baixa	25
46	2104023	11°45'856"	045°39'225"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	759	SC	85.4	CZ_58B28	Baixa	25
47	2104024	11°45'227"	045°39'169"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras	777	SC	84.31	CZ_58B28	Baixa	25

48	2104025	11°44'872"	045°40'177"	Anel da soja/ Estrada do café	Barreiras Riachão	748	SC	82.88	CZ_58B28	Baixa	25
57	2104055	11°45'656"	045°30'540"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Riachão	947	SC	89.12	JURUENA	Alta	30
58	2104056	11°45'650"	045°30'574"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Riachão	953	SC	90.93	EXTREMA	Baixa	30
59	2104057	11°75'272"	045°30'451"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Riachão	976	SC	89.4	M_8349	Baixa	30
60	2104058	11°45'273"	045°30'491"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Riachão	968	SC	83.13	JURUENA	Alta	30
61	2104059	11°39'431"	045°30'659"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Riachão	972	SC	76.02	DM_81184	Baixa	30
62	2104060	11°38'461"	045°29'959"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Riachão	963	SC	85.12	M_8372	Baixa	30
63	2104061	11°38'431"	045°29'969"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Riachão	954	SC	84.42	CZ_37B22	Baixa	30
64	2104062	11°37'857"	045°30'025"	Anel da soja/ Estrada do café	das Neves Roda	944	SC	89.19	JURUENA	Alta	30
65	2106135	13°14'242"	046°17'335"	Nova américa	Velha Roda	961	SC	80	M_8349	Alta	30
66	2106136	13°14'688"	046°18'483"	Nova américa	Velha Roda	966	SC	87	M_8349	Alta	30
67	2106137	13°15'195"	046°20'335"	Nova américa	Velha Roda	958	SC	85.5	M_8349	Alta	30
68	2106138	13°09'516"	046°13'280"	Nova américa	Velha Roda	922	SC	85.5	EXTREMA	Alta	30
77	2106139	13°10'684"	046°13'563"	Nova américa	Velha Roda	809	SC	66.05	M_8349	Baixa	30
78	2106140	13°10'403"	046°12'509"	Nova américa	Velha Roda	810	SC	58	M_8808	Baixa	6
79	2106141	13°10'037"	046°11'505"	Nova américa	Velha Roda	837	SC	61	M_8808	Baixa	6
80	2106142	13°09'697"	046°10'270"	Nova américa	Velha Roda	837	SC	72	M_8349	Alta	5
81	2106203	13°00'501"	046°13'735"	Nova américa	Velha Roda	801	SC	79	M_8349	Baixa	25
82	2106204	13°00'885"	046°14'856"	Nova américa	Velha Roda	838	SC	81	M_8349	Baixa	25
83	2106205	13°01'580"	046°14'333"	Nova américa	Velha Roda	858	SC	67	DM_82178	Alta	20
84	2106206	13°02'039	046°14'799"	Nova américa	Velha Roda	805	SC	78	M_8349	Baixa	12

85	2107033	11°30'565"	046°18'338"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	819	SC	76	M_8349	Baixa	12
89	2107034	11°31'276"	046°16'777"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	795	SC	86.3	M_8349	Alta	17
90	2107035	11°30'452"	046°18'616"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	773	SC	81.6	JURUENA	Baixa	11
94	2107036	11°28'380"	046°19'545"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	801	SC	75	M_8349	Alta	12
95	2107037	11°26'568"	046°28'168"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	762	SC	91	JURUENA	Alta	20
96	2107038	11°29'563"	046°20'738"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	764	SC	98	JURUENA	Alta	20
98	2107039	11°27'588"	046°26'669"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	901	SC	83	M_8349	Baixa	28
99	2107040	11°43'321"	046°20'244"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	823	SC	83	M_8349	Baixa	25
105	2107041	11°31'731"	045°57'672"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	892	SC	70.8	M_8349	Baixa	15
120	2107080	11°60'441"	046°10'222"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	865	SC	68.2	MARACAI	Alta	10
121	2107081	11°52'870"	046°15'002"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	849	SC	81	M_8349	Baixa	10
122	2107082	11°51'769"	046°12'231"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	839	SC	78	M_8349	Baixa	10
123	2107083	11°64'051"	045°49'948"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	845	SC	82	M_8349	Baixa	10
124	2107084	11°51'172"	046°10'936"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	786	SC	79	M_8349	Baixa	0

125	2107085	11°49'574"	046°10'468"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	775	SC	81	JURUENA	Baixa	0
126	2107086	11°54'557"	045°96'855"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	793	SC	83	M_8349	Baixa	0
127	2107087	11°56'255"	045°96'082"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	805	SC	78	M_8349	Baixa	0
134	2107114	11°30'798"	046°10'225"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	765	SC	77.76	M_8349	Baixa	30
135	2107115	11°30'869"	046°10'252"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	772	SC	82.73	M_8349	Baixa	30
136	2107116	11°30'429"	046°10'884"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	766	SC	83.43	M_8349	Baixa	30
137	2107117	11°30'237"	046°10'734"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	751	SC	82.14	M_8349	Baixa	30
138	2107118	11°24'679"	045°95'956"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	693	SC	80	M_8349	Baixa	16
139	2107119	11°24'762"	045°95'925"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	698	SC	80	M_8349	Baixa	12
140	2107120	11°24'994"	045°96'726"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	734	SC	70	M_8349	Baixa	15
141	2107121	11°25'076"	045°96'692"	Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio Preto	712	SC	80	M_8349	Baixa	16
144	2108013	12°57'335"	045°85'238"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	860	SC	80.94	M_8210	Baixa	27
145	2108014	12°57'515"	045°83'221"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	856	SC	79.05	M_8349	Baixa	15
146	2108015	12°57'514"	045°83'223"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	833	SC	77.64	M_8349	Baixa	8
147	2108016	12°74'205"	045°92'091"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	808	SC	66.34	NS_7780	Baixa	8
148	2108017	12°75'741"	045°94'378"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	803	SC	86.5	JURUENA	Alta	20

149	2108018	12°76'127"	045°96'138"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	807	SC	84.6	M_8349	Alta	20
150	2108026	12°37'375"	046°09'956"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	805	SC	78.9	M_8349	Alta	20
151	2108027	12°37'288"	046°09'924"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	796	SC	81.6	M_8349	Baixa	20
152	2108028	12°38'012"	046°14'636"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	821	SC	74.9	M_8349	Baixa	20
153	2108029	12°37'998"	046°14'584"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	828	SC	79.6	M_8349	Baixa	20
154	2108030	12°32'023"	046°11'902"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	844	SC	84.9	M_8349	Baixa	20
155	2108031	12°33'888"	046°10'643"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	848	SC	82.6	TMG_2383	Baixa	20
156	2108032	12°32'651"	046°08'261"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	917	SC	77.9	M_8349	Baixa	18
157	2108122	12°88'350"	046°17'575"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	1031	SC	72.43	M_8349	Baixa	18
158	2108123	12°91'817"	046°14'974"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	974	SC	84.93	BMX_DOMINIO	Baixa	18
159	2108124	12°80'328"	046°17'805"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	971	SC	81.99	CZ_58B28	Baixa	18
160	2108125	12°82'967"	046°17'067"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	972	SC	76.02	M_8349	Alta	18
161	2108126	12°82'979"	046°17'104"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	1010	SC	76.99	JURUENA	Alta	18
162	2108127	12°73'076"	045°99'215"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	923	SC	69.07	CZ_58B28	Alta	18
163	2108128	12°73'063"	045°99'162"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	951	SC	72.23	BMX_BONUS	Baixa	18
164	2108129	12°78'797"	046°14'536"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	935	SC	57.76	M_8349	Baixa	18
165	2108130	12°79'122"	046°14'810"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	810	SC	95.8	M_8349	Baixa	23
166	2108173	12°51'769"	046°01'189"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	823	SC	74.3	JURUENA	Baixa	23
167	2108174	12°51'699"	046°01'242"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	805	SC	76.65	JURUENA	Baixa	23
168	2108175	12°50'340"	046°02'356"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	821	SC	81.85	CZ_58B28	Baixa	23
169	2108176	12°50'290"	046°02'406"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	806	SC	74.84	JURUENA	Baixa	23

170	2109088	12°21'381"	046°25'246"	Placas e Bela vista	LEM	779	SC	80.09	CZ_58B28	Baixa	23
171	2109089	12°11'751"	046°16'088"	Placas e Bela vista	LEM	830	SC	80.47	JURUENA	Baixa	23
172	2109090	12°11'797"	046°16'403"	Placas e Bela vista	LEM	823	SC	88.62	EXTREMA	Baixa	23
173	2109091	12°12'268"	046°13'157"	Placas e Bela vista	LEM	839	SC	85.58	EXTREMA	Baixa	23
187	2109092	11°89'138"	046°01'022"	Placas e Bela vista	LEM	759	SC	74.88	M_8349	Baixa	8
188	2109093	11°94'200"	046°10'313"	Placas e Bela vista	LEM	775	SC	73.82	M_8349	Baixa	8
189	2109094	11°91'819"	046°02'500"	Placas e Bela vista	LEM	794	SC	70.56	M_8349	Baixa	8
190	2109095	11°91'627"	046°04'831"	Placas e Bela vista	LEM	784	SC	68.14	M_8349	Baixa	8
191	2110110	11°97'723"	045°75'697"	Rio de pedras	LEM	781	SC	71.52	M_8349	Baixa	8
192	2110111	11°97'154"	045°75'455"	Rio de pedras	LEM	769	SC	58	FTR_4288	Baixa	20
193	2110112	11°96'645"	045°74'384"	Rio de pedras	LEM	762	SC	78	CZ_58B28	Alta	20
194	2110113	11°96'805"	045°73'624"	Rio de pedras	LEM	765	SC	95	M_8349	Alta	15
195	2110131	12°79'123"	045°14'811"	Rio de pedras	São Desidério	794	SC	84.39	BMX_74I78	Baixa	6
196	2110132	12°38'406"	045°41'861"	Rio de pedras	São Desidério	786	SC	79.51	BMX_74I78	Baixa	6
197	2110133	12°25'920"	045°27'747"	Rio de pedras	São Desidério	862	SC	92.53	TMG_7067	Baixa	6
198	2110134	12°23'525"	045°49'948"	Rio de pedras	São Desidério	805	SC	84.39	BMX_74I78	Baixa	6
199	2111049	13°19'184"	046°19'184"	Rio grande	Correntina	815	SC	79.97	BMX_74I78	Baixa	6
200	2111050	13°17'808"	045°56'789"	Rio grande	Correntina	825	SC	67.23	CZ_37B22	Alta	15
201	2111051	13°29'450"	045°97'604"	Rio grande	Correntina	810	SC	73.86	M_6410	Alta	15
202	2111052	13°24'586"	045°97'604"	Rio grande	Correntina	832	SC	74.16	TMG_7067	Alta	15
203	2111053	13°23'120"	045°97'604"	Rio grande	Correntina	900	SC	71.6	M_8349	Baixa	10
204	2111054	13°23'026"	045°97'604"	Rio grande	Correntina	950	SC	78.2	M_8349	Baixa	12
205	2111157	13°22'577"	045°72'489"	Rio grande	Correntina	924	SC	75.23	M_8349	Baixa	12
1	2111158	13°20'742"	045°71'481"	Rio grande	Correntina	744	SCM	79	M_8349	Baixa	15
2	2111159	13°18'801"	045°67'621"	Rio grande	Correntina	746	SCM	81	M_8349	Baixa	15
3	2111160	13°17'597"	045°67'484"	Rio grande	Correntina	758	SCM	82	M_8349	Baixa	15
4	2111161	13°17'601"	045°76'396"	Rio grande	Correntina	901	SCM	75.2	M_8349	Baixa	25

5	2111162	13°17'431"	045°76'732"	Rio grande	Correntina	907	SCM	74.8	M_8349	Alta	25
6	2111163	13°17'302"	045°80'014"	Rio grande	Correntina	911	SCM	77.85	M_8349	Alta	25
7	2112164	13°18'219"	045°81'082"	Rio grande	Correntina	843	SCM	81.6	M_8349	Alta	25
38	2111185	13°32'859"	046°09'069"	Rio grande	Correntina	743	SCM	78	JURUENA	Baixa	15
69	2111186	13°32'081"	046°12'450"	Rio grande	Correntina	810	SCM	76.8	M_8349	Alta	10
71	2111187	13°30'549"	046°12'930"	Rio grande	Correntina	885	SCM	70.3	M_8349	Alta	10
72	2111188	13°31'263"	046°10'255"	Rio grande	Correntina	854	SCM	76.3	M_8349	Alta	10
73	2111189	13°32'558"	046°10'328"	Rio grande	Correntina	877	SCM	78.2	TMG_2383	Alta	10
74	2111190	13°30'459"	046°08'624"	Rio grande	Correntina	685	SCM	78.1	TMG_2383	Alta	10
75	2111191	13°30'715"	046°07'809"	Rio grande	Correntina	870	SCM	75.8	TMG_2383	Alta	10
76	2111192	13°32'196"	046°06'710"	Rio grande	Correntina	868	SCM	60.2	JURUENA	Alta	10
86	2111193	13°32'125"	046°07'209"	Rio grande	Correntina	812	SCM	82.4	M_8349	Alta	17
87	2111194	13°04'678"	045°48'994"	Rio grande	Roda Velha	846	SCM	85.9	M_8349	Alta	17
88	2111195	13°02'478"	045°48'380"	Rio grande	Roda Velha	803	SCM	81.1	M_8349	Alta	17
91	2111196	13°01'892"	045°46'861"	Rio grande	Roda Velha	752	SCM	79.5	JURUENA	Baixa	11
92	2111197	13°02'685"	045°46'811	Rio grande	Roda Velha	810	SCM	84.9	JURUENA	Baixa	11
93	2111198	13°02'997"	045°46'396"	Rio grande	Roda Velha	779	SCM	85.6	JURUENA	Baixa	11
102	2111199	13°04'022"	045°45'882"	Rio grande	Roda Velha	914	SCM	80	M_8349	Baixa	10
103	2111200	13°05'138"	045°47'171"	Rio grande	Roda Velha	908	SCM	80	M_8349	Baixa	10
104	2111201	13°05'725"	045°46'925"	Rio grande	Roda Velha	886	SCM	65.5	M_8349	Baixa	15
106	2111202	13°06'249"	045°48'250"	Rio grande	Roda Velha	859	SCM	74.8	M_8349	Baixa	15
107	2113149	12°81'132"	045°72'977"	Roda Velha de baixo	Roda Velha	921	SCM	73.75	JURUENA	Alta	20
108	2113150	12°84'207"	045°72'845"	Roda Velha de baixo	Roda Velha	899	SCM	84.85	M_8349	Alta	40
109	2113151	12°81'184"	045°74'212"	Roda Velha de baixo	Roda Velha	910	SCM	79.63	JURUENA	Alta	15

110	2113152	12°82'575"	045°74'076"	Roda Velha de baixo	Roda Velha	913	SCM	82.96	M_8349	Alta	14
111	2113153	12°84'019"	045°74'096"	Roda Velha de baixo	Roda Velha	914	SCM	73.72	DM_81184	Alta	15
112	2113154	12°65'498"	045°63'813"	Roda Velha de baixo	São Desidério	845	SCM	66.16	DM_81184	Alta	20
113	2113155	12°64'179"	045°62'929"	Roda Velha de baixo	São Desidério	835	SCM	66.16	JURUENA	Alta	20
114	2113156	12°63'194"	045°64'992"	Roda Velha de baixo	São Desidério	892	SCM	81.11	JURUENA	Alta	20
115	2114063	14°26'967"	045°43'066"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	889	SCM	90.66	M_8349	Alta	20
116	2114064	14°28'095"	045°43'325"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	796	SCM	68.5	M_8349	Alta	20
117	2114065	14°12'680"	045°25'917"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	819	SCM	65.3	M_8349	Alta	20
118	2114066	14°13'284"	045°26'682"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	822	SCM	71.2	M_8349	Alta	20
119	2114067	14°13'298"	045°26'610"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	821	SCM	69.5	M_8349	Alta	20
142	2114068	14°32'365"	045°49'977"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	898	SCM	81.72	M_8349	Baixa	25
143	2114069	14°31'428"	045°50'810"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	856	SCM	84.93	M_8210	Baixa	25
206	2114070	14°29'528"	045°51'129"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Jaborandi	963	SCM	86.5	JURUENA	Baixa	10
207	2114071	14°27'020"	045°98'303"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Correntina	982	SCM	86.5	M_8349	Baixa	10
208	2114072	14°21'807"	046°05'759"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Correntina	965	SCM	86.5	M_8349	Baixa	10
209	2114073	14°15'866"	046°08'852"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Correntina	971	SCM	83.5	M_8349	Baixa	25
210	2114074	13°82'423"	046°13'841"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Correntina	963	SCM	81.6	M_8349	Baixa	25
211	2114075	13°82'355"	046°13'863"	Rosário/Correntina/Jaborandi	Correntina	982	SCM	78.9	M_8349	Baixa	25
212	01	13°83'519"	046°14'100"	Alto Horizonte	Barreiras	740	SVN	0	0	0	0
213	02	13°75'383"	046°16'105"	Alto Horizonte	Barreiras	780	SVN	0	0	0	0
214	03	13°74'534"	046°17'025"	Alto horizonte	Barreiras	800	SVN	0	0	0	0
	04			Ouro verde e Estrondo	Formosa do Rio						
215	05	13°75'599"	046°19'594"		Preto São	820	SVN	0	0	0	0
216	06	11°47'29"	45°38'15"	Alto da Serra	Desidério	810	SVN	0	0	0	0
217	07	11°48'29"	45°43'58"	Paraiso e Rodovia da soja	Roda Velha	1010	SVN	0	0	0	0
218		11°43'10"	45°47'35"	Nova América	Roda Velha	820	SVN	0	0	0	0

219	08	11°35'30"	45°59'6"	Roda Velha	São Desidério	870	SVN	0	0	0	0
220	09	12°45'51"	45°56'10"	Paraiso e Rodovia da soja	São Desidério	780	SVN	0	0	0	0
221	B1T5	12°43'52"	46°1'47"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	123.3	0	0	0
222	B1T6	13°11'49"	46°18'9"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	127.6	0	0	0
223	B1T7	12°49'52"	45°58'48"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	194.1	0	0	0
224	B1T8	12°31'17"	46°10'39"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	139.4	0	0	0
225	B1T9	12°5'18"	45°42'49"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	66.1	0	0	0
226	B1T10	12°34'745"	045°86'976"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	62.4	0	0	0
22	B2T6	12°34'719"	045°86'865"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	61.5	0	0	0
228	B2T7	12°33'727"	045°86'629"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	62.7	0	0	0
229	B2T8	12°25'801"	046°15'093"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	64.7	0	0	0
230	B2T9	12°26'892"	046°14'560"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	61.2	0	0	0
231	B2T10	12°27'963"	046°14'037"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	61.3	0	0	0
232	B3T5	12°28'980"	046°13'603"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	69.3	0	0	0
233	B3T6	12°19'145"	046°09'091"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	69.9	0	0	0
234	B3T7	12°22'455"	046°09'043"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	70.2	0	0	0
235	B3T8	12°23'671"	046°09'345"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	56.1	0	0	0
236	B3T9	12°58'966"	044°72'405"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	58.0	0	0	0
237	B3T10	12°63'839"	044°74'451"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	66.8	0	0	0
238	B4T5	12°65'151"	044°73'669"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	130.9	0	0	0
239	B4T6	12°68'119"	044°74'038"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	137.6	0	0	0
240	B4T7	12°63'028"	044°81'298"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	59.6	0	0	0
241	B4T8	12°65'158"	044°81'089"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	63.6	0	0	0
242	B4T9	12°65'693"	044°83'430"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	55.7	0	0	0
243	B4T10	12°63'929"	044°82'285"	Fundação Bahia	LEM	700	SPD Longa duração	57.0	0	0	0

*ID Lab = Identificação do laboratório, ID amostras = Identificação da fazenda, LEM = Luis Eduardo Magalhães, Ha = Hectares, SPD = Sistema Plantio Direto, SC = Sistema Convencional, SCM = Sistema Cultivo Mínimo, SPD Longa duração = Sistema Plantio Direto Controle, VNC = Vegetação Nativa Cerrado.

APÊNDICE B - Características físico-químicas do solo sob sistemas de Plantio Direto (SPD), Convencional (SC), Cultivo Mínimo (SCM) e Plantio Direto controle (SPD Longa duração) na região oeste da Bahia. Os valores referem-se às médias \pm desvio-padrão obtidos da análise de 300 cm³ de solo.

	M.O	C.O	pH	K	Ca	Mg	Al	P	Cu	Fe	Mn	Zn
Sistemas	g/kg	g/kg	Água	cmolc/dm³				mg/dm³				
SC¹	17.99 \pm (3.7)	10.43 \pm (2.16)	6.95 \pm (0.28)	0.26 \pm (0.10)	2.96 \pm (0.68)	1.00 \pm (0.29)	0.04 \pm (0.05)	62.33 \pm (29.67)	2.13 \pm (1.85)	40.08 \pm (17.65)	13.71 \pm (7.43)	7.17 \pm (12.99)
SCM²	17.39 \pm (4.6)	10.09 \pm (2.69)	7.08 \pm (0.23)	0.23 \pm (0.11)	2.87 \pm (0.85)	0.94 \pm (0.32)	0.03 \pm (0.05)	72.71 \pm (61.56)	3.00 \pm (3.47)	39.25 \pm (16.21)	16.45 \pm (11.54)	7.82 \pm (7.18)
SPD³	21.50 \pm (4.90)	12.45 \pm (2.90)	7.16 \pm (0.10)	0.37 \pm (0.07)	3.74 \pm (0.87)	1.74 \pm (0.13)	0.00 \pm (0.00)	34.05 \pm (1.77)	0.80 \pm (0.14)	30.60 \pm (4.95)	10.10 \pm (4.10)	3.35 \pm (1.06)
SPD Longa duração⁴	25.09 \pm (2.4)	18.75 \pm (1.37)	7.17 \pm (0.14)	0.45 \pm (0.31)	1.60 \pm (0.30)	0.89 \pm (0.19)	0.04 \pm (0.04)	56.17 \pm (23.61)	0.99 \pm (0.37)	36.86 \pm (8.02)	7.29 \pm (1.44)	5.43 \pm (1.25)
			H+AL	m%	SB			Areia Total		Silte		Argila
Sistemas			cmolc/dm³							kg/kg		
SC			2.11 \pm (8.55)	1.13 \pm (1.54)	4.21 \pm (0.94)			684.85 \pm (85.84)		56.68 \pm (14.81)		258.47 \pm (83.78)
SCM			1.83 \pm (9.28)	1.09 \pm (1.78)	4.04 \pm (1.20)			718.15 \pm (63.48)		59.78 \pm (18.62)		222.07 \pm (62.29)
SPD			1.60 \pm (3.32)	0.00 \pm (0.00)	5.84 \pm (0.66)			685.00 \pm (70.71)		37.50 \pm (16.68)		277.50 \pm (88.39)
SPD Longa duração			1.62 \pm (5.31)	1.59 \pm (1.64)	2.94 \pm (0.38)			795.87 \pm (22.39)		60.87 \pm (16.56)		143.26 \pm (13.70)

Os valores na tabela referem-se às médias \pm desvio-padrão obtidos da análise de 100 cm³ de solo. ¹n= 138; ²n= 47; ³n= 2; ⁴n=23; M.O = Matéria orgânica, C.O = Carbono orgânico, pH = Potencial hidrogênio iônico, K = Potássio, Ca = Cálcio, Mg = Magnésio, Al = Alumínio, P = Fósforo, Cu = Cobre, Fe = Ferro, Mn = Manganês, H+AL = Acidez potencial, m% = Saturação por alumínio, SB = Soma de bases.

APÊNDICE C - Médias das variáveis relacionadas às bioanálises do solo em quatro sistemas de cultivo na Extremo Oeste Baiano – BA.

	SC ¹	SCM ²	SPD ³	SPD Longa duração ⁴
ARIL	17.6 ± 11.2	16.9 ± 8.0	22.5 ± 14.8	16.4±4.7
BETA	78.7 ± 38.1	83.5 ± 36.7	114.5 ± 65.8	75.5±16.7
IQSFertbio	0.80 ± 0.10	0.80 ± 0.10	0.80 ± 0.00	0.90 ± 0.10
ArmaNU	0.80 ± 0.20	3.6 ± 6.5	0.90 ± 0.10	0.90 ± 0.00

Os valores na tabela referem-se às médias ± desvio-padrão obtidos da análise de 100 cm³ de solo. ¹n= 138; ²n= 47; ³n= 2; ⁴n=23; SPD= Sistema Plantio Direto, SC= Sistema Convencional, SCM= Sistema de Cultivo Mínimo, SPD Longa duração= Sistema de Plantio Direto implantado em experimento de longa duração, ARIL = Arilsulfatase, BETA = β-glicosidase, IQSFertbio = Índice de qualidade do solo, fertilidade e biológica, MO = Matéria orgânica, ArmaNU = Armazenamento de nutrientes.

APÊNDICE D – Representação gráfica dos coeficientes de variação e correlação de perason.

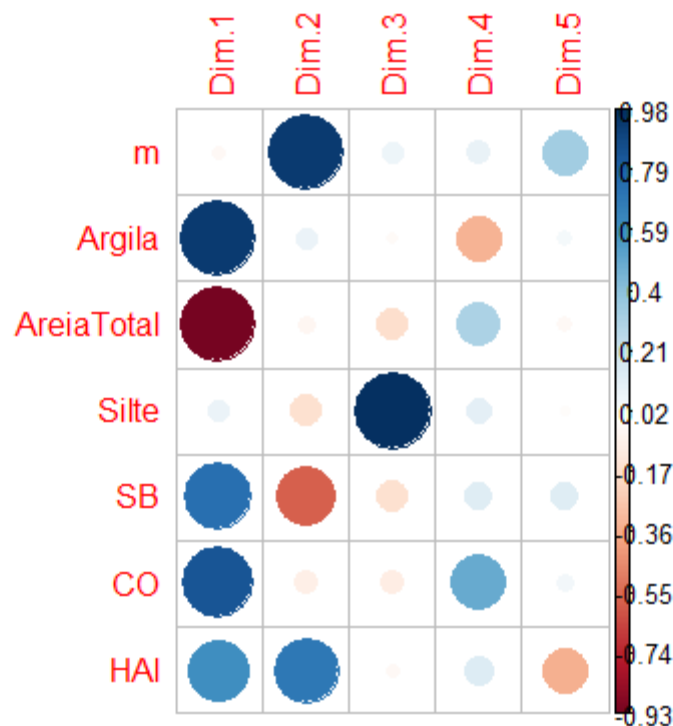


Figura D1. Representação gráfica dos coeficientes de variação (\cos^2) das variáveis relacionadas às propriedades físicas e químicas do solo e todas as dimensões da PCA. H+Al = Acidez potencial, CO = Carbono orgânico, SB = Soma de bases, Silte, Areia total, Argila e M = Saturação por alumínio.

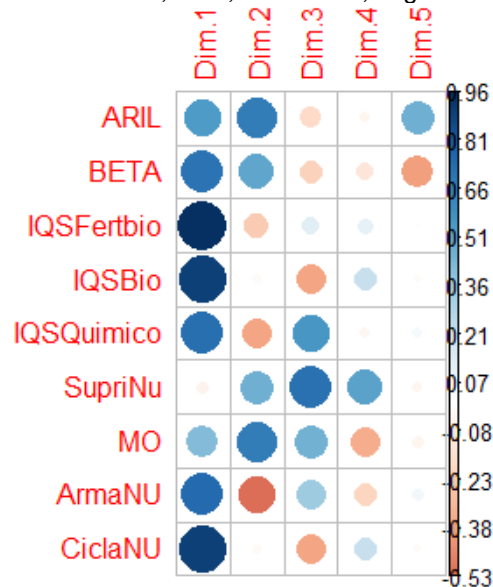


Figura D2. Representação gráfica dos coeficientes de variação (\cos^2) das variáveis relacionadas à atividade microbiana das enzimas arilsulfatase e β -glicosidade do solo e todas as dimensões da PCA. ARIL = Arilsulfatase, BETA = β -glicosidade, IQSFertbio = Índice de qualidade do solo Fertilidade e biológico, IQSBio = Índice de qualidade do solo biológico, IQSQuímico = Índice de qualidade do solo fertilidade, SupriNU = Suprimento de nutrientes, MO = Matéria orgânica, ArmaNU = Armazenamento de nutrientes, CiclaNU = Ciclagem de nutrientes.

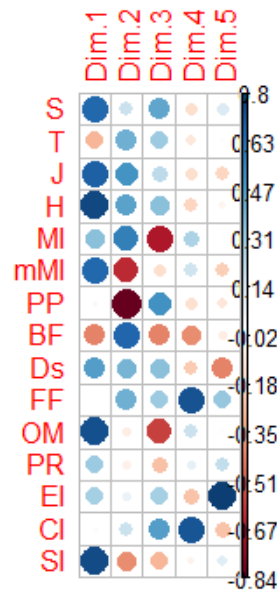


Figura D3. Representação gráfica dos coeficientes de variação (\cos^2) das variáveis relacionadas à comunidade de nematoides e todas as dimensões da PCA. PP = parasita de plantas, BF = bacteriófagos, OM = onívoros e PR = predadores, H' = índice de diversidade de Shannon, Ds = índice de diversidade de Simpson, J' = índice de equitatividade Shannon, T = diversidade trófica, S = número de gêneros, MI = índice de maturidade, mMI = índice de maturidade modificado, EI = índice de enriquecimento, SI = índice de estrutura, CI = índice de canal de decomposição.

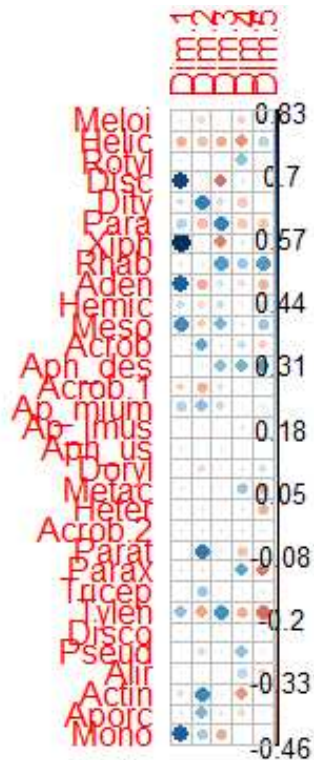


Figura D4. Representação gráfica dos coeficientes de variação (\cos^2) das variáveis relacionadas aos gêneros de nematoides do solo e todas as dimensões da PCA. Meloi = *Meloidogyne*, Helic = *Helicotylenchus*, Roty = *Rotylenchulus*, Disc = *Discocriconemella*, Dity = *Ditylenchus*, Para = *Paratylenchus*, Xiph = *Xiphinema*, Rhab = *Rhabdolaimus*, Aden = *Adenolaimus*, Hemic = *Hemicycliophora*, Meso = *Mesocriconema*, Acrob = *Acrobeloides*, Aphdes = *Aphelenchoides*, Acrob1 =

Acrobeles, *Ap-mium* = *Aporcelaimium*, *Ap_mus* = *Aporcelaimus*, *Aph_us* = *Aphelenchus*, *Doryl* = *Dorylaimellus*, *Metac* = *Metacrobeles*, *Heter* = *Heterodera*, *Parat* = *Paratrichodorus*, *Parax* = *Paraxonchium*, *Tricep* = *Tricephalobus*, *Tylen* = *Tylenchus*, *Disco* = *Discolaimium*, *Pseud* = *Pseudacrobeles*, *Alir* = *Alirhabditis*, *Actin* = *Actinolaimus*, *Aporc* = *Aporcedorus*, *Mono* = *Monochus*.

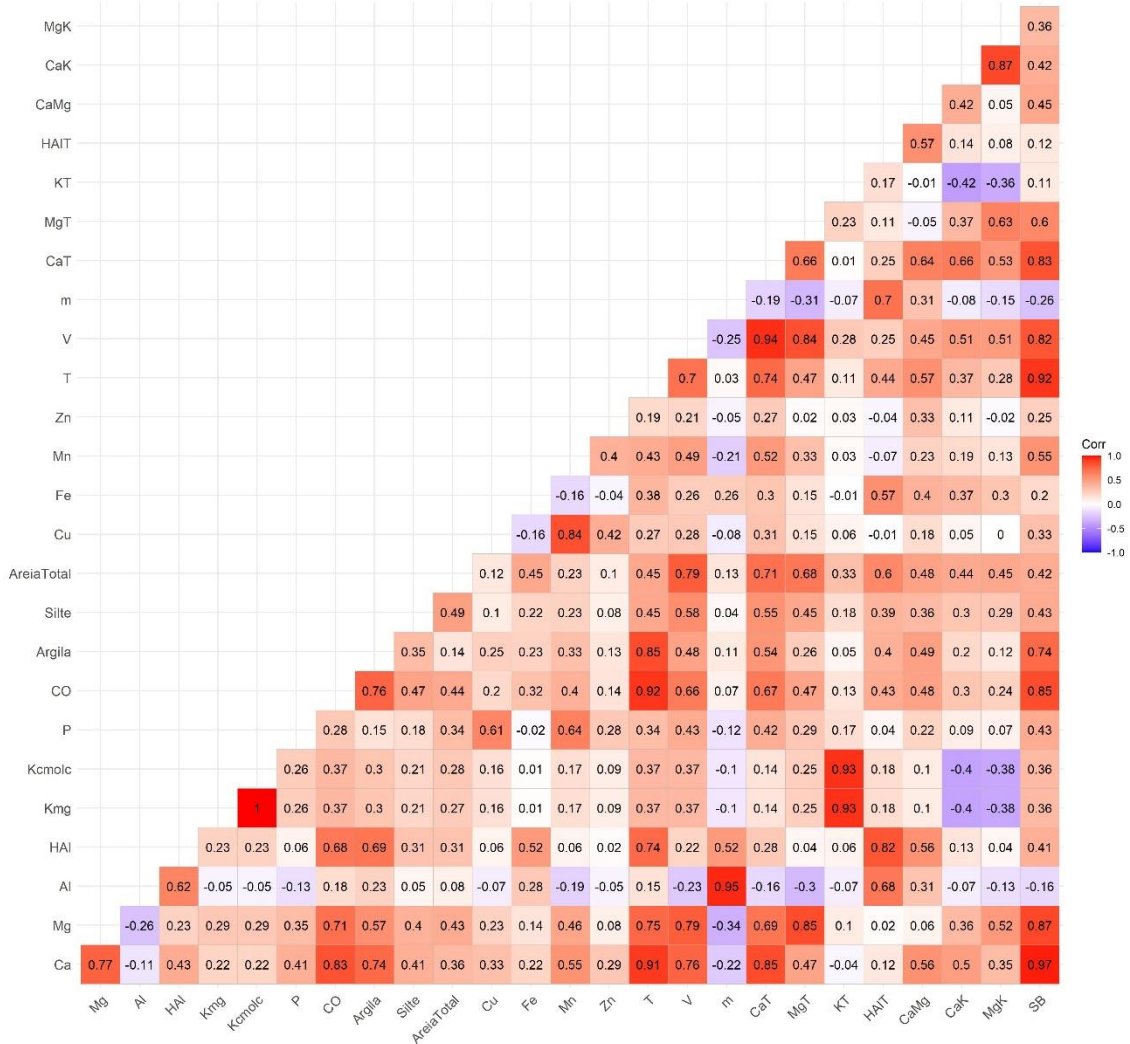


Figura D5. Matriz apresentando os coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades físicas e químicas dos solos. Quanto mais intensa é a cor (vermelha ou lilás) maior é a correlação entre as variáveis. Coeficientes em vermelho representam que as duas variáveis correspondentes possuem uma correlação positiva e aqueles em lilás, uma correlação negativa. Ca = Cálcio, Mg = Magnésio, Al = Alumínio, H+Al = Acidez potencial, Kmg = Potássio mg/dm³, Kcmolc = Potássio cmolc/dm³, P = Fósforo, CO = Carbono orgânico, Argila, Silte, Areia total, CU = Cobre, Fe = Ferro, Mn = Manganês, Zn = Zinco, T = Capacidade de trocas catiônicas, V = Saturação por bases, m = Saturação por alumínio, CaT = Cálcio/ Capacidade de trocas catiônicas, MgT = Magnésio/ Capacidade de trocas catiônicas, KT = Potássio/ Capacidade de trocas catiônicas, HAIT = Acidez potencial/ Capacidade de trocas catiônicas, CaMg = Cálcio/ Magnésio, MgK = Magnésio/ Potássio, SB = Soma de bases.

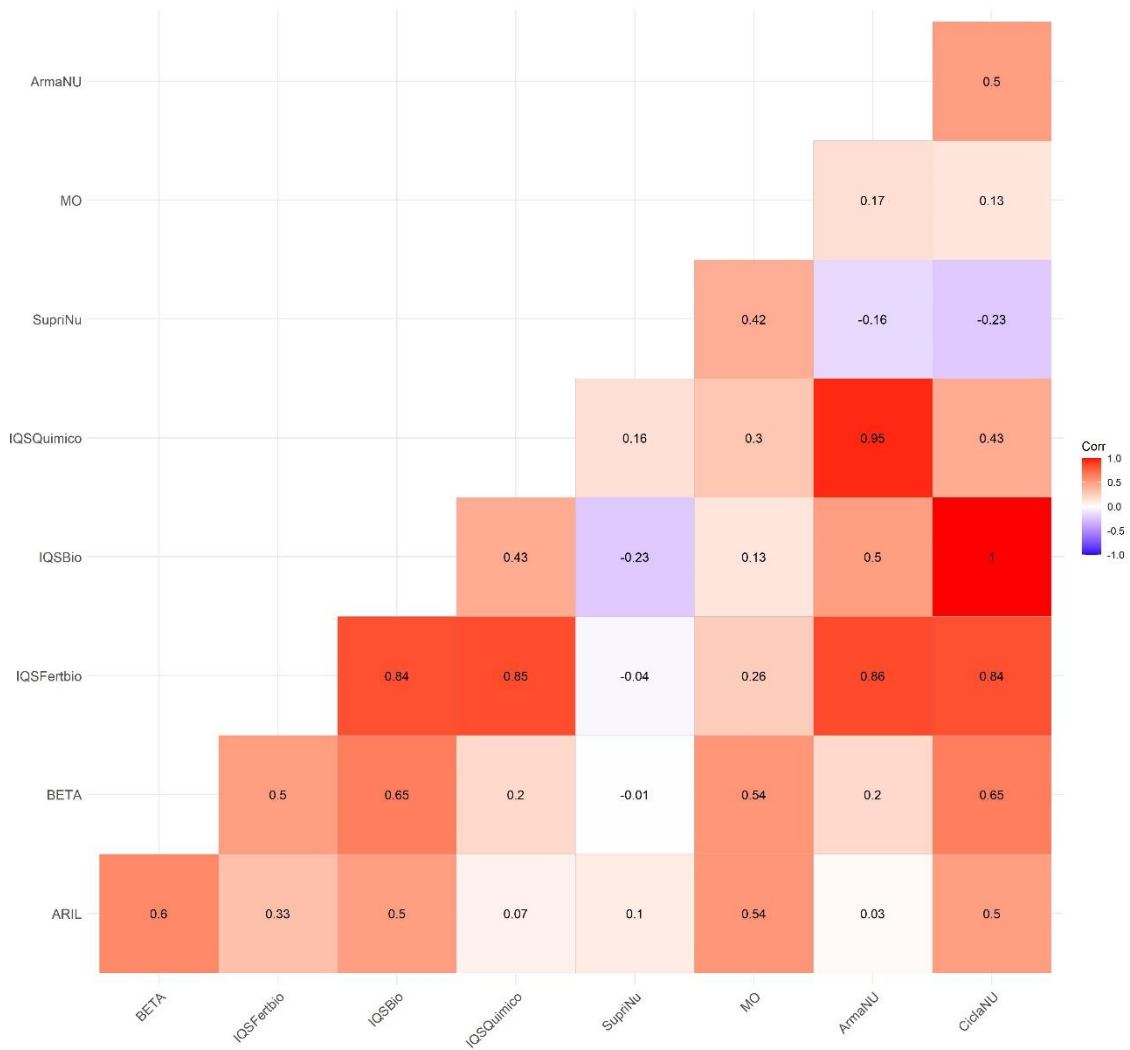


Figura D6. Matriz apresentando os coeficientes de correlação de Pearson entre as atividades enzimáticas microbiana dos solos. Quanto mais intensa é a cor (vermelha ou lilás) maior é a correlação entre as variáveis. Coeficientes em vermelho representam que as duas variáveis correspondentes possuem uma correlação positiva e aqueles em lilás, uma correlação negativa. ARIL = Arilsulfatase, BETA = β -glicosidade, IQSFertbio = Índice de qualidade do solo Fertilidade e biológico, IQSBio = Índice de qualidade do solo biológico, IQSQuimico = Índice de qualidade do solo fertilidade, SupriNU = Suprimento de nutrientes, MO = Matéria orgânica, ArmaNU = Armazenamento de nutrientes, CiclaNU = Ciclagem de nutrientes.

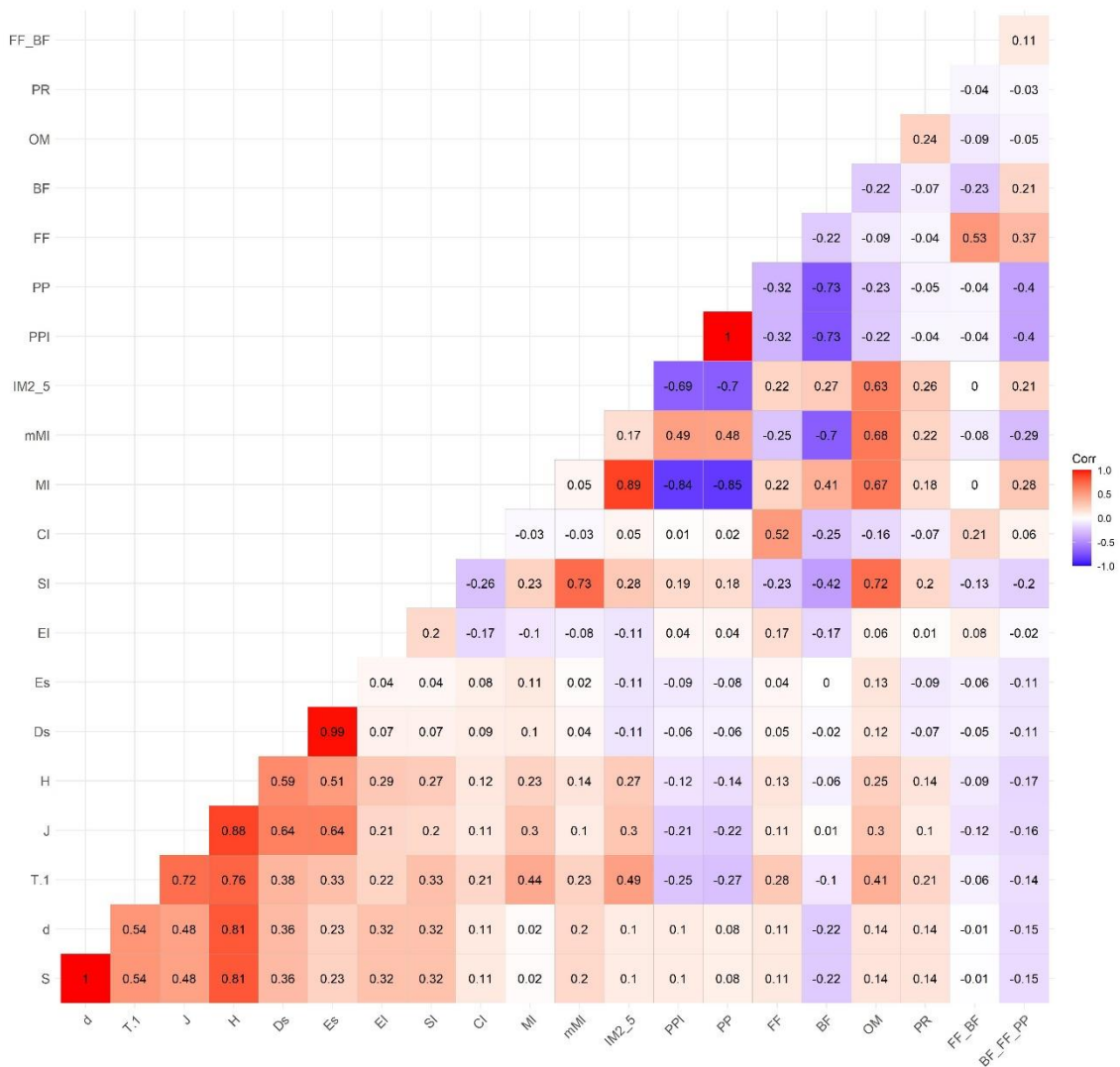


Figura D7. Matriz apresentando os coeficientes de correlação de Pearson entre a comunidade de nematoides dos solos. Quanto mais intensa é a cor (vermelha ou lilás) maior é a correlação entre as variáveis. Coeficientes em vermelho representam que as duas variáveis correspondentes possuem uma correlação positiva e aqueles em lilás, uma correlação negativa. S = número de gêneros, d = riqueza de gêneros, T.1 = diversidade trófica, J' = índice de equitatividade Shannon, H' = índice de diversidade de Shannon, Ds = índice de diversidade de Simpson, Es = Índice de equitatividade de Simpson, EI = Índice de enriquecimento, SI = Índice de estrutura, CI = Índice de canal de decomposição, MI = índice de maturidade, mMI = índice de maturidade modificado, IM2_5 = Índice de maturidade (cp 2-5), PPI = Índice parasitas de plantas, PP = Parasita de planta, FF = Micófgos, BF = Bacteriófagos, OM = Onívoros, PR = Predadores, FF_BF = Micófgos/bacteriófagos, BF_FF_PP = Bacteriófagos + micófgos/ parasita de plantas.

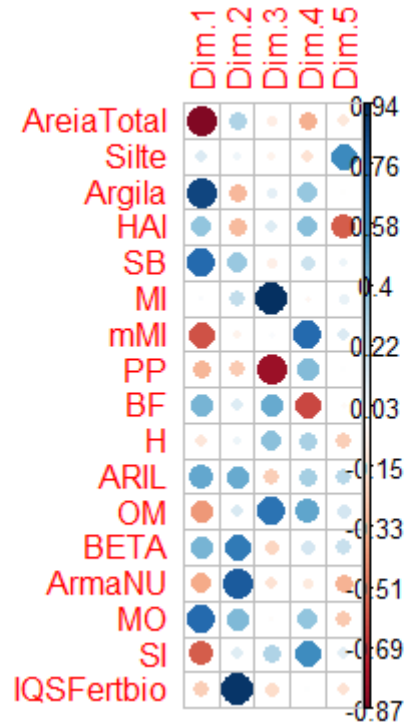


Figura D8. Os níveis de significância são baseados nos coeficientes de correlação de gradiente da análise de componente principal (PCA) entre as propriedades químicas e físicas dos solos, bioanálises e índices ecológicos nematológicos. Areia total, silte, argila, H+Al = Acidez potencial, SB = Soma de bases, MI = Índice de maturidade, mMI = Índice de maturidade modificado, PP = Parasita de planta, BF = Bacteriófagos, H = índice de diversidade de Shannon, ARIL = Arilsulfatase, Om = Onivoros, BETA = β -glicosidade, ArmaNU = Armazenamento de nutriente, MO = Matéria orgânica, SI = Índice de estrutura, IQSFertbio = Índice de qualidade do solo fertilidade e biológico.

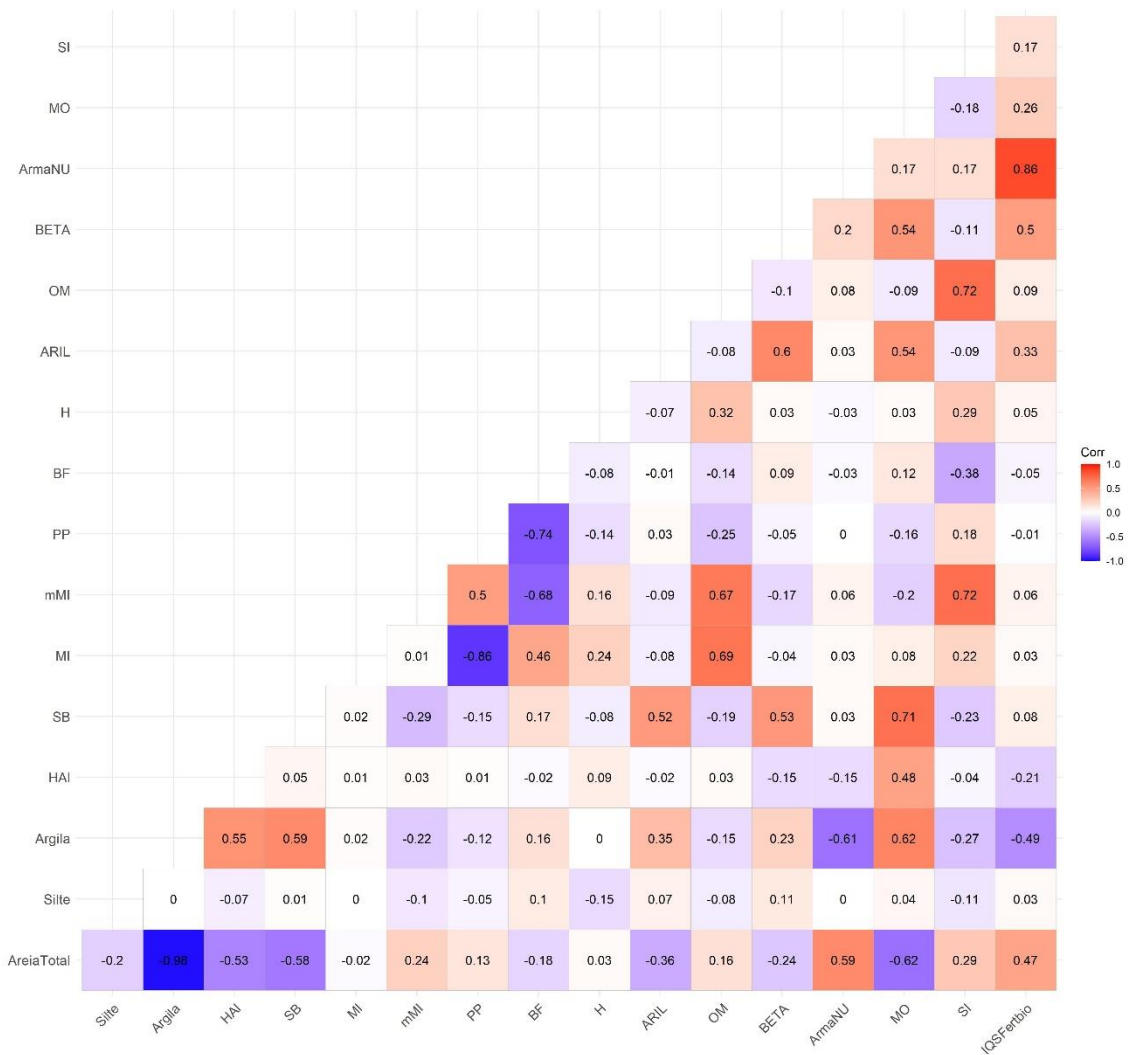


Figura D9. Matriz apresentando os coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades químicas e físicas dos solos, bioanálises e índices ecológicos nematológicos. Quanto mais intensa é a cor (vermelha ou lilás) maior é a correlação entre as variáveis. Coeficientes em vermelho representam que as duas variáveis correspondentes possuem uma correlação positiva e aqueles em lilás, uma correlação negativa. Areia total, silte, argila, H+AI = Acidez potencial, SB = Soma de bases, MI = Índice de maturidade, mMI = Índice de maturidade modificado, PP = Parasita de planta, BF = Bacteriófagos, H = índice de diversidade de Shannon, ARIL = Arilsulfatase, Om = Onivoros, BETA = β -glicosidade, ArmaNU = Armazenamento de nutriente, MO = Matéria orgânica, SI = Índice de estrutura, IQSFertbio = Índice de qualidade do solo fertilidade e biológico.

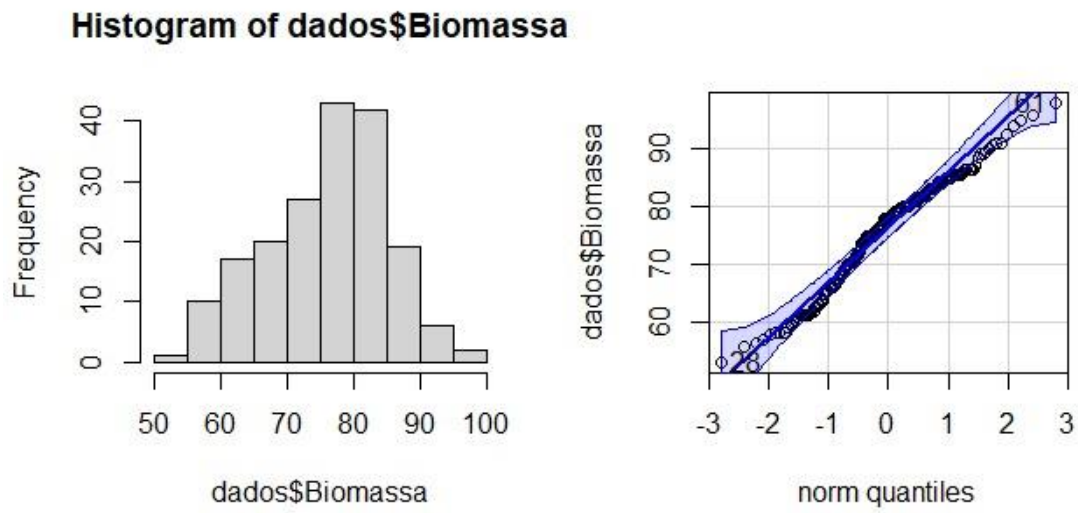


Figura D10. Distribuição da variável resposta de acordo ao teste Q-Q e histograma para selecionar a família de modelos LMM.

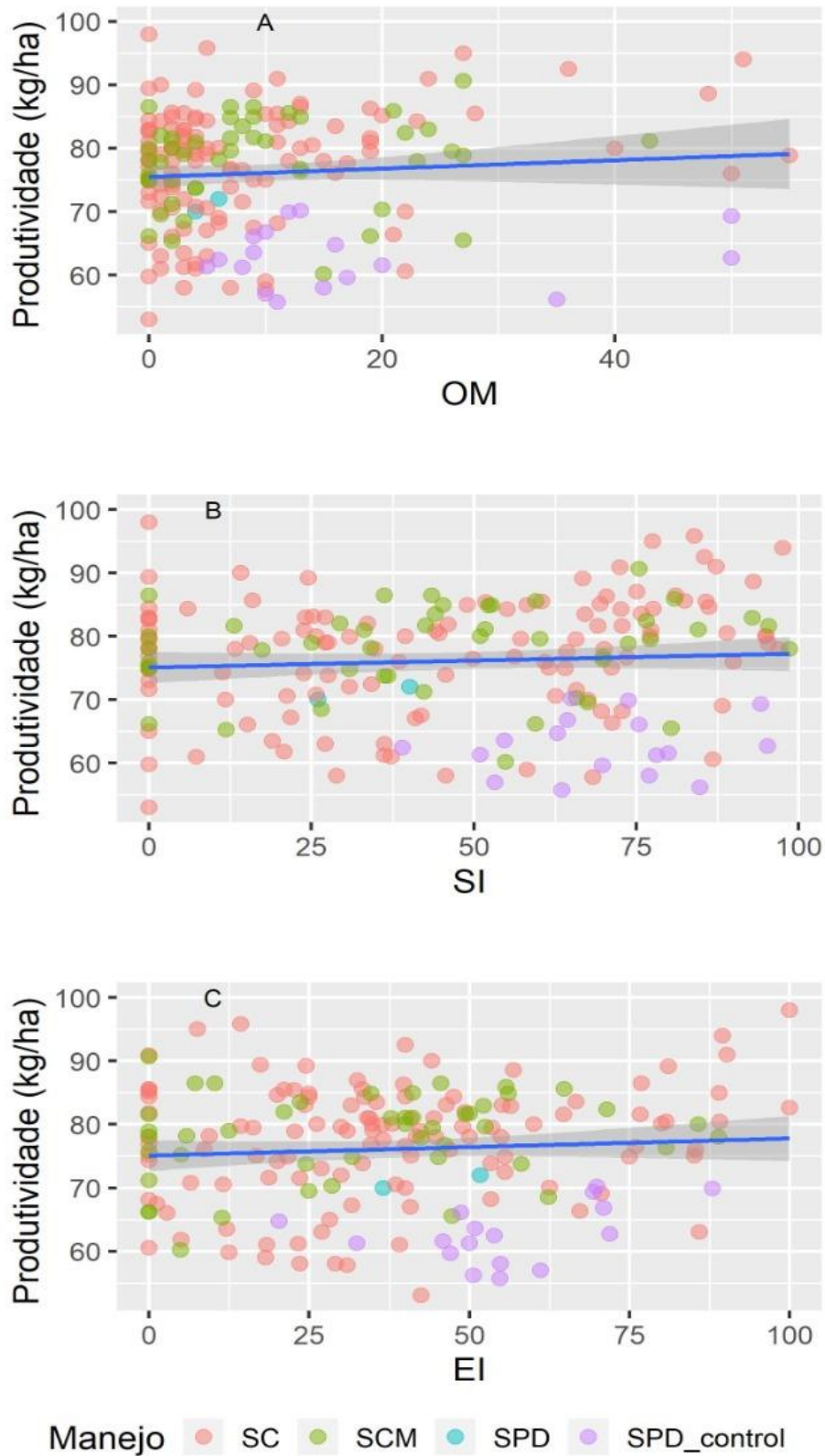


Figura D11. Efeitos principais (A) do grupo trófico dos onívoros (OM) (LMM, Estimativa = 0,14, $t = 2,76$, $p = 0,006$); (B) do índice de estrutura (SI) (LMM, Estimativa = 0,05, $t = 2,81$, $p = 0,005$) e (C) de enriquecimento (EI) (LMM, Estimativa = 0,07, $t = 2,75$, $p = 0,007$) sobre a produtividade em áreas de cultivo no Externo Oeste Baiano. Os círculos são os dados observados, já as linhas sólidas em azul

representam os valores dos modelos ajustados (previstos) e os polígonos sombreados indicam o intervalo de confiança de 95% associado às previsões modeladas.

APÊNDICE E - Coletas das amostras desolo e raízes para análises nematológicas, extração e resultados.

Durante os meses de janeiro a março de 2021, na fase de florescimento da soja, amostras de solo e raízes foram coletadas, tanto nas áreas de cultivo comercial, quanto no experimento de longa duração. Todas as amostras coletadas foram georreferenciadas com o auxílio de um GPS Garmin Etrex 30x. Para isso, foi georreferenciado um ponto no interior do talhão, e foi realizada a amostragem em um raio de 60 m a partir do ponto georreferenciado, essa amostragem representou um hectare no interior do talhão. (Figura 1B). Cada amostra composta foi obtida a partir de 12 amostras simples de solo, coletadas na profundidade de 0-25 cm, realizando-se seis subamostras em cada semicírculo com raio de 60 m. Para a retirada da amostra composta representativa de cada área, o solo foi homogeneizado e cerca de 1.500 g e 50 gramas de raízes foram armazenados em saco plástico transparente de polietileno. Estes foram acondicionados em caixas térmicas até a chegada ao laboratório, onde foram refrigerados em câmara fria com temperatura de 4-8°C, até a realização da extração dos nematoides.

Para a extração dos nematoides a partir do solo, foi empregado o método de flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964), onde uma alíquota de 200 cm³ de solo (peso fresco) foi retirada de cada amostra composta, em seguida a alíquota foi transferida para um béquer de plástico com capacidade para 3 L. Foram então adicionados 2 L de água de torneira, seguindo-se o destorroamento manual do solo e homogeneização da suspensão. Após 20 seg de repouso, a suspensão resultante foi vertida em um conjunto de peneiras composto por uma peneira de 60 *mesh* (malha com abertura de 0,250 mm) sobreposta à uma peneira de 500 *mesh* (malha com abertura de 0,025 mm). O material retido na malha da peneira de 500 *mesh* foi recolhido com o auxílio de uma pisseta com água, para um béquer de 100 mL e posteriormente, transferido para dois tubos tipo Falcon de 50 mL cada. Os tubos foram submetidos à centrifugação por 5 min a 1750 rpm, logo em seguida o sobrenadante foi descartado e adicionado uma solução de sacarose (454 g de açúcar diluídos em 1 L de água), seguindo-se uma nova centrifugação por 1 min a 1750 rpm. O sobrenadante foi recuperado em uma peneira de 500 *mesh* e lavado em água

corrente para a retirada do resíduo de solução de sacarose. A suspensão com os nematoides foi transferida para tubos tipo Falcon de 10 mL.

Para a extração dos fitonematoides a partir de raízes, dez gramas de cada amostra composta foram utilizados, empregando-se o método descrito por Coolen e D'Herde (1972). As raízes foram trituradas em um liquidificador por 30 segundos, posteriormente a suspensão resultante foi vertida através de um conjunto de peneiras de 100 *mesh* sobrepostas a uma de 500 *mesh*. O material retido na malha da peneira de 500 *mesh* foi recolhido para tubos tipo Falcon de 50 mL com a adição de aproximadamente 1,5 g de caulim, em cada tubo. Após a homogeneização, os tubos foram submetidos à mesma rotina de centrifugação descrita anteriormente para a extração de fitonematoides do solo.

Após a extração dos nematoides, realizou-se o sifonamento da suspensão para a obtenção de um volume final de 4 mL, seguindo-se com a morte dos nematoides em banho-maria a 55 °C por 4 min. Os tubos ficaram em repouso por 40 min e logo em seguida, foi adicionado às amostras, 4 mL da solução fixativa DESS (**DMSO + EDTA + Solução Salina**) preparada conforme descrito por Yoder et al. (2006). Após a fixação, realizou-se a identificação e quantificação dos gêneros de nematoides parasitas de plantas em 200 cm³ em cada amostra, com auxílio de uma câmara de Peters sob microscópio invertido Olympus IX70.

No sistema convencional observou-se as maiores densidades no solo do gênero *Helicotylenchus dihystera* seguido por *Meloidogyne* sp. e *Pratylenchus brachyurus*. *Mesocriconema* sp. apresentou a menor densidade dos gêneros ocorridos no sistema convencional (Tabela A1). O sistema de cultivo mínimo mostrou um comportamento similar ao sistema convencional para *H. dihystera*, apresentando a maior densidade. No entanto, a segunda maior abundância foi de *Mesocriconema* sp. seguido pelo gênero *P. brachyurus* e *Meloidogyne* sp. As espécies que apresentaram as menores densidades neste sistema foram *Heterodera glycines* seguido por *Rotylenchulus reniformis*. O sistema plantio direto apresentou uma maior densidade de *H. dihystera* seguido por *R. reniformis* e *P. brachyurus*. Já o sistema plantio direto controle apresentou uma maior densidade do gênero *Mesocriconema* sp. seguido por *H. dihystera* e *P. brachyurus*. O gênero *Meloidogyne* sp. não esteve presente no sistema plantio direto e controle. Já o gênero *R. reniformis* não esteve

presente apenas no plantio direto controle. Enquanto, que os gêneros *H. glycines* e *Mesocriconema* sp. não estiveram presentes apenas no plantio direto.

Tabela A1. Médias e desvio padrão das densidades populacionais dos gêneros de nematoides parasitas de plantas identificados no solo dos diferentes sistemas de cultivos.

	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Meloidogyne</i> sp.	<i>Helicotylenchus dihystra</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Heterodera glycines</i>	<i>Mesocriconema</i> sp.
SC	21.36±38.94	27.79±95.16	433.39±462.01	1.72±10.61	10.61±49.77	4.64±25.00
SCM	17.52±26.30	13.72±34.80	347.07±468.12	7.46±29.11	3.28±13.31	21.33±64.06
SPD	2.50±0.71	0.00±0.00	401.50±191.63	12.00±9.90	0.00±0.00	0.00±0.00
SPD Longa duração	19.64±24.39	0.00±0.00	34.18±37.74	0.00±0.00	0.18±0.94	55.11±57.04

SC= Sistema Convencional, SCM= Sistema de Cultivo Mínimo, SPD= Sistema Plantio Direto, SPD Longa duração= Sistema de Plantio Direto implantado em experimento de longa duração.

Pratylenchus brachyurus foi o que apresentou as maiores densidades nas análises de raízes em todos os sistemas de cultivo. Já *R. reniformis* não foi detectado em nenhum dos sistemas de cultivo estudados (Tabela A2). Os gêneros *Meloidogyne* sp., *Heterodera glycines* e *Mesocriconema* sp. não estiveram presentes nos dois sistemas plantio direto e controle. O *H. dihystra* apresentou a maior densidade no sistema plantio direto seguido pelo sistema convencional e cultivo mínimo. *Mesocriconema* sp. foi detectado apenas no sistema convencional em baixíssima densidade.

Conclui-se que espécie de fitonematoide mais abundante no solo foi o *H. dihystra* e nas raízes foram o *P. brachyurus* e *H. dihystra*.

Tabela A2. Médias e desvio padrão das densidades populacionais dos gêneros de nematoides parasitas de plantas identificados nas raízes dos diferentes sistemas de cultivos.

	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Meloidogyne</i> sp.	<i>Helicotylenchus dihystra</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Heterodera glycines</i>	<i>Mesocriconema</i> sp.
SC	559.28±546.84	37.09±143.86	70.76±87.65	0.00±0.00	7.25±33.07	0.07±0.85
SCM	679.93±435.23	12.54±33.66	49.67±61.84	0.00±0.00	5.11±27.78	0.00±0.00
SPD	699.00±405.88	0.00±0.00	225.00±59.40	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
SPD Longa duração	46.50±68.55	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

SC= Sistema Convencional, SCM= Sistema de Cultivo Mínimo, SPD= Sistema Plantio Direto, SPD Longa duração= Sistema de Plantio Direto implantado em experimento de longa duração.

APÊNDICE E – Abundância relativa dos gêneros

Tabela A1. Abundância relativa gêneros de nematoides e respectivos grupos tróficos associados a vegetação nativa e aos diferentes tipos de manejo do solo na região Oeste da Bahia – BA.

Família	Grupos tróficos	Valor C-P	SPD	SC	SCM	SVN	SPD Longa duração
Fitoparasitas							
Pratylenchidae	Pratylenchus	3	1.0	4.1	3.2	4.0	3.8
Meloidogynidae	Meloidogyne	3	0.0	2.1	2.1	0.3	0.8
Hoplolaimidae	Helycotylenchus	3	19.0	31.5	22.1	45.0	27.3
Hoplolaimidae	Rotylenchulus	3	1.5	0.2	0.7	0.0	0.0
Criconematidae	Discocriconemella	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>Paratylenchidae</u>	Paratylenchus	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hemicyclophoridae	Hemicyclophora	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Criconematidae	Mesocriconema	3	0.0	1.1	4.4	0.0	0.1
Heteroderidae	Heterodera	3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
Trichodoridae	Paratrachodorus	4	0.0	2.5	1.2	0.7	0.3
Tylenchidae	Tylenchus	2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
Longidoridae	Xiphinema	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Micófagos							
Anguinidae	Ditylenchus	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aphelenchoididae	Aphelenchoides	2	0.0	1.2	1.0	2.0	0.3
Aphelenchidae	Aphelenchus	2	10.5	10.2	11.7	14.0	3.9
Bacteriófagos							
<u>Rhabdolaimidae</u>	Rhabdolaimus	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cephalobidae	Acrobeles	2	7.0	8.3	9.7	0.7	19.3
Cephalobidae	Acrobeloides	2	46.0	13.3	16.5	9.7	11.0
<u>Cephalobidae</u>	Metacrobeles	2	0.0	9.5	8.3	11.0	15.1
Cephalobidae	Pseudacrobeles	2	0.0	0.2	1.0	3.3	0.2
Alirhabditidae	Alirhabditis	2	0.0	1.4	2.7	0.0	1.0
Panagrolaimidae	Tricephalobus	1	10.0	5.7	5.3	4.0	5.1
Onívoros							
<u>Aulolaimoididae</u>	Adenolaimus	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>Dorylaimidae</u>	Dorylaimellus	4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
<u>Paraxonchiidae</u>	Paraxonchium	5	0.0	0.5	0.3	0.0	1.4
<u>Actinolaimidae</u>	Actinolaimus	4	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
Aporcelaimidae	Aporcelaimium	5	5.0	7.2	9.2	5.3	10.1
Aporcelaimidae	Aporcedorus	5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Predadores							
Mononchidae	Monochus	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Qudsianematidae	Discolaimium	4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
Abundância relativa (200cm ³ solo)		100	100	100	100	100	100