



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

GIOVANI DE OLIVEIRA ARIEIRA

**DIVERSIDADE DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE
CULTURAS E MANEJO DO SOLO**

Londrina
2012

GIOVANI DE OLIVEIRA ARIEIRA

**DIVERSIDADE DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE
CULTURAS E MANEJO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, da
Universidade Estadual de Londrina.

Orientadora: Profa. Dra. Débora Cristina
Santiago

Co- Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fátima
Guimarães

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca
Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A698d Arieira, Giovani de Oliveira.

Diversidade de nematóides em sistemas de culturas e manejo do solo / Giovani de Oliveira Arieira. – Londrina, 2012. 97 f. : il.

Orientador: Débora Cristina Santiago.

Coorientador: Maria de Fátima Guimarães.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Nematoda em plantas – Teses. 2. Plantas – Parasito – Teses. 3. Solos – Manejo – Teses. 3. Solos – Biodiversidade – Teses. 4. Indicadores (Biologia) – Teses. I. Santiago, Débora Cristina. II. Guimarães, Maria de Fátima. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 631.461

GIOVANI DE OLIVEIRA ARIEIRA

**DIVERSIDADE DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE CULTURAS E
MANEJO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, da
Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Julio César Franchini
EMBRAPA-Soja - Londrina

Prof. Dr. Juvenil Enrique Cares
UNB - Brasília

Profa. Dra. Débora Cristina Santiago
UEL – Londrina - PR

Dra. Alaíde Aparecida Krzyzanowski
IAPAR – Londrina - PR

Prof. Dr. Amarildo Pasini
UEL – Londrina - PR

Profa. Dra. Débora Cristina Santiago
Orientadora
UEL – Londrina - PR

Londrina, 16 de fevereiro de 2012.

A minha tia, Maria do Rosário Pires de Oliveira (*in memoriam*), que sempre foi um pilar em minha formação pessoal e profissional e que agora, com certeza, continua torcendo por mim de um lugar especial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi Nele que encontrei forças para continuar seguindo meu caminho.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL), em especial aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela formação profissional, conhecimento oferecido e apoio em todas as fases de realização deste trabalho.

À minha orientadora, Profa. Dra. Débora Cristina Santiago e à minha co-orientadora, Profa. Dra. Maria de Fátima Guimarães pela orientação, dedicação, apoio e, principalmente, amizade no decorrer do curso e no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade de realizar esse trabalho e disponibilizar a bolsa de mestrado.

À Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa), em especial ao Dr. Julio César Franchini, por permitir a utilização da área experimental para as coletas de solo e pela participação na execução deste estudo.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Alaíde Aparecida Krzyzanowski, Prof. Dr. Juvenil Enrique Cares e Prof. Dr. Amarildo Pasini pela pronta disponibilidade e atenção, bem como pelas sugestões e considerações acerca do trabalho.

À minha família, pela oportunidade que me deram de chegar até aqui. Aos meus pais, Marta Maria de Oliveira Arieira e João Batista Esteves Arieira que me apoiaram nos momentos mais difíceis sempre me confortando e fortalecendo e me incentivaram sempre com amor e compreensão. Aos meus irmãos, Jailson de Oliveira Arieira, Almir Ricardo de Oliveira Arieira e Marina de Oliveira Arieira, e às minhas cunhadas Cláudia Regina Dias Arieira e Vilma Bastos

Arieira, que mesmo com a distância me incentivaram e me deram coragem. Aos meus sobrinhos Sophia Dias Arieira e Thales Dias Arieira pelos momentos de descontração que foram fundamentais nessa caminhada.

Aos colegas do laboratório de Fitopatologia da UEL, Ciro Hideki Sumida, Débora Fonseca, Douglas Peitl, Fabiana Tibola, Flávia Mello, Felipe Araújo, Idenize Orsini, Leonardo Tamanini e Thiago Bagio pela ajuda, apoio e compreensão nesta etapa de minha vida. Em especial, agradeço aos companheiros da área de Nematologia, Afonso Romão, Camila Scolin, Camila Stroze, Elise Schidlowski, Fernando Baida, Fernando Ichikawa, Gustavo Garcia, Helio Vieira Filho e Luann Lopes, pelo convívio e amizade. A Natália Calvo, pela convivência, pelo exercício da paciência e tolerância e, principalmente, pela amizade. Ao técnico José Aparecido Rocha, pelos ensinamentos e ajuda.

Aos amigos Alessandra Ianckievicz, Andréia Herculano Prado, Biana Kuwano, Carolina Marcucci, César Sbrussi, Eliann Garcia, Fabrício Mardegan, Fernando Rodini, Ian Camargo, Mayra Ishikawa, Mônica Kuraoka, Naira Moura, Pedro Simon Andrade, Raphael Nunes, Renan Fileto, Renan Godoy, Roger Pereira, Rose Bertolucci e Viviane Dutra, pelo convívio e pelos momentos inesquecíveis.

A todos meus familiares e amigos que me apoiaram incondicionalmente para que eu atingisse minhas metas e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida, em especial aos meus tios Fátima e Martins Machado.

A todos que, de forma direta ou indireta, consciente ou não, contribuíram para a execução deste trabalho.

What gets us into trouble is not what we don't know. It's what we know for sure that just ain't so.

(Mark Twain).

ARIEIRA, Giovani de Oliveira. **Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e manejo do solo**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

Os nematoides do solo são organismos sensíveis à intervenção humana e amplamente utilizados como indicadores biológicos de distúrbios e alterações na qualidade de solos. Compreendem organismos que participam de diversas vias alimentares no solo, sendo classificados, basicamente, como fitófagos, bacteriófagos, fungívoros, predadores e onívoros, quanto ao seu hábito alimentar. Assim, este trabalho teve por objetivo quantificar e qualificar nematoides como indicadores biológicos em áreas submetidas a diferentes sistemas de cultivo e preparo do solo. Para tanto, foram feitas coletas de solo a cada 0,10m na profundidade de 0,0-0,30m em áreas submetidas a dois sistemas de cultivo (sucessão soja/trigo ou rotação de culturas) e cinco sistemas de preparo do solo (plantio direto, preparo convencional com arado de discos, grade pesada, cruzador e plantio direto com cruzador a cada três anos). Também foi avaliada uma área de floresta, como referência de equilíbrio ecológico. Após identificação e contagem em laboratório, as comunidades de nematoides foram caracterizadas quanto a: abundâncias, diversidade, maturidade ecológica, estrutura trófica e condição de cadeia trófica. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de significância para verificar os efeitos isolados e em conjunto dos sistemas de manejo dos solos e dos cultivos. As abundâncias das guildas de nematoides foram submetidas à análise multivariada (Análise de Componentes Principais e Análise de Classificação em Dendrogramas) para verificar a similaridade entre os ecossistemas em função das práticas agrícolas adotadas. Os nematoides se concentraram nas camadas superficiais do solo, apresentando uma relação inversa com a profundidade. A floresta apresentou uma comunidade com uma diversidade superior às parcelas agrícolas e uma menor dominância. Entre as parcelas agrícolas, aquelas sob rotação de culturas tiveram comunidades mais diversas, principalmente quando houve redução do revolvimento do solo. Todas as comunidades foram dominadas por nematoides bacteriófagos e parasitas de plantas em todas as profundidades, com baixa ocorrência de nematoides carnívoros e onívoros. Os índices MI, MI2-5 e PPI diferenciaram os sistemas agrícolas na camada superficial, havendo maior maturidade em áreas sob rotação de culturas. As comunidades apresentaram alto índice de estrutura em todas as profundidades e alto índice de enriquecimento nas camadas de 0,0 - 0,1m e 0,1 - 0,2m, não sendo parâmetros adequados para verificar diferenças entre os sistemas adotados.

Palavras-chave: Biodiversidade de solos. Bioindicadores. Comunidades de nematoides. Nematoides de vida livre. Nematoides parasitas de plantas.

ARIEIRA, Giovani de Oliveira. **Nematode diversity in crop and soil management systems**. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

Nematodes are soil organisms sensitive to human intervention and widely used as biological indicators of disturbances and changes in soil quality. They include organizations that participate in various food web in soil, classified primarily as plant-parasitic, bacterial-feeding, fungal-feeding, carnivorous and omnivores, as to their feeding habits. Thus, this study aimed to quantify and qualify nematodes as biological indicators in areas subjected to different cropping systems and tillage. For this purpose, soil samples were taken every 0.10 m at a depth of 0.0 to 0.30 m in areas subjected to two tillage systems (succession with soybean/wheat or crop rotation) and five soil management systems (no-tillage, and conventional tillage with disk plow, grade heavy cruiser and cruiser with no-tillage every three years). We also analyzed a forest, as a reference for ecological balance. After identification and counting in the laboratory, the nematode communities were characterized by: abundance, diversity, ecological maturity, trophic structure and soil food web condition. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Tukey test at 5% of significance level to check the isolated and combined effects of management and cropping systems. The abundances of nematodes guilds were subjected to multivariate analysis (Principal Component Analysis and Cluster Analysis) to determine the similarity between ecosystems in terms of agricultural practices adopted. The nematodes were concentrated in the surface layers of soil, with an inverse relationship with depth. The forest showed a community with a higher diversity of agricultural parcels and a lower dominance. Among the parcels, those in the crop rotation had the most diverse communities, especially when there was a reduction of soil disturbance. All communities were dominated by bacterial and parasitic nematodes of plants at all depths, with low occurrence of carnivorous and omnivorous nematodes. The index MI, MI2-5 and PPI differentiated agricultural systems in the surface layer, with greater maturity in areas under crop rotation. Communities showed high level of structure at all depths and high enrichment in layers 0-10cm and 10-20cm and are not good parameters to evaluate the differences between the systems adopted.

Key-words: Soil biodiversity. Bioindicators. Nematode communities. Free-living nematodes. Plant-parasitic nematodes.

LISTA DE FIGURAS

Artigo A

- Figura 3.1** Abundância total de nematoides (número de indivíduos em 100 cm³ de solo) em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta...53

Artigo B

- Figura 4.1** Estrutura trófica de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta...69

- Figura 4.2** Perfil faunal (EI X SI) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta...76

- Figura 4.3** Análise de Componentes Principais (ACP) de guildas de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta...78

- Figura 4.4** Análise de Agrupamento em dendrogramas de guildas de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta...80

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Hábitos alimentares de nematoides do solo	18
Tabela 2.2 – Famílias de nematoides e valores c-p, usados no cálculo do índice de maturidade (MI)	27
Tabela 2.3 – Famílias de nematoides parasitas de plantas e valores c-p, usados no cálculo do índice de parasitas de plantas (PPI).....	28
Tabela 2.4 – Valores e pesos específicos (k) de cada guilda funcional para cálculos dos índices de caracterização da cadeia alimentar.....	32

Artigo A

Tabela 3.1 – Abundância relativa (%) de gêneros de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta, na profundidade de 0-10cm	49
Tabela 3.2 – Abundância relativa (%) de gêneros de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta, na profundidade de 10-20cm	50
Tabela 3.3 – Abundância relativa (%) de gêneros de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta, na profundidade de 20-30cm	51
Tabela 3.4 – Valores do Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta	56
Tabela 3.5 – Índice de equitatividade de Shannon-Weaver (J') de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta	57
Tabela 3.6 – Número de gêneros de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta	59
Tabela 3.7 – Índice de riqueza de Margaleff (SR) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de	

	culturas e manejo do solo ou sob floresta.....	60
Tabela 3.8 –	Índice de dominância de Simpson (Ds) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.....	61

Artigo B

Tabela 4.1 –	Diversidade trófica (TD) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta	71
Tabela 4.2 –	Índice de Maturidade (MI) de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta	72
Tabela 4.3 –	Índice de Maturidade modificado (MI2-5) de comunidades de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta	73
Tabela 4.4 –	Índice de Parasitas de Plantas (PPI) de comunidades de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 NEMATOIDES	15
2.1.1 Grupos Tróficos	16
2.1.2 Importância nos Processos Ecológicos no Solo	19
2.1.3 Nematoides Fitoparasitas	20
2.1.4 Nematoides de Vida Livre	21
2.1.4.1 Bioindicadores	22
2.1.4.2 Mensuração de comunidades de nematoides	23
2.1.4.3 Grupos funcionais	32
2.2 MANEJO DOS SOLOS	33
2.3 PREPARO DOS SOLOS	35
2.3.1 Preparo Convencional	35
2.3.2 Sistema de Semeadura Direta	37
2.4 SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS	40
3 ARTIGO A – DIVERSIDADE DE COMUNIDADES DE NEMATOIDES SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE CULTURAS E DO SOLO	42
3.1 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.3 CONCLUSÕES	62
4 ARTIGO B – ESTRUTURA TRÓFICA DE COMUNIDADES DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE MANEJO DE CULTURAS E DO SOLO E INFLUÊNCIA NA CADEIA TRÓFICA DO SOLO	63
4.1 MATERIAL E MÉTODOS	66
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.3 CONCLUSÕES	80

5 CONCLUSÕES GERAIS	82
REFERÊNCIAS.....	83
ANEXOS	96
ANEXO A	97
ANEXO B	98

INTRODUÇÃO

O solo é um sistema dinâmico e complexo, formado por componentes físicos, químicos e biológicos, em estreita relação entre si. Dessa forma, alterações em um dos componentes, isoladamente, tendem a levar a diversas modificações nos demais componentes edáficos.

Em ecossistemas agrícolas, devido à intervenção antrópica a fim de se estabelecer melhores condições para o desenvolvimento das culturas, as alterações nos componentes edáficos ocorrem de forma mais acelerada. Assim, o preparo do solo, a utilização de agrotóxicos e fertilizantes, o manejo dos restos vegetais, entre outras ações alteram todo o ecossistema do solo. Entre estas, o preparo do solo age de forma intensa sobre os atributos físicos e químicos do solo, variando de acordo com o sistema empregado e os implementos utilizados.

Sistemas conservacionistas têm recebido atenção nas últimas décadas, por permitirem uma maior sustentabilidade do sistema agrícola a longo prazo. Dessa forma, sistemas que envolvam pouco ou nenhum revolvimento do solo, rotação de culturas e utilização de adubos verdes têm sido apontados como uma forma eficiente de se manter a sustentabilidade do sistema e, até mesmo, reduzir os custos de produção.

São bastante conhecidos os reflexos do manejo dos solos sobre seus atributos físicos e químicos, entretanto, os efeitos na biota do solo só começaram a ser estudados profundamente nas últimas décadas. Esta biota tem importantes funções ecológicas no solo, agindo na ciclagem e mineralização de nutrientes, na estruturação de agregados, na formação de bioporos, entre outros processos.

Com base nos recentes estudos, tem crescido a utilização dos organismos chamados bioindicadores, ou seja, um organismo, grupo de organismos ou processo fisiológico que se alteram em função da intervenção humana e que sejam capazes de refletir a qualidade de um solo, além disso os bioindicadores respondem de forma rápida e diferenciada à intervenção humana.

Entre estes organismos, os nematoides têm sido amplamente utilizados em estudos ecológicos em ambientes aquáticos e terrestres ao redor do mundo e têm apresentado boas respostas aos mais variados manejos empregados em sistemas agrícolas. São organismos que apresentam características que

favorecem sua utilização em relação a outros organismos bioindicadores, como facilidade em sua extração e identificação, além de terem sido desenvolvidos índices ecológicos específicos para estes organismos, de acordo com seu ciclo de vida e suas funções ecológicas.

Entretanto, esses estudos têm ficado restritos a regiões de clima temperado, enquanto que em áreas tropicais e subtropicais a utilização desses organismos como indicadores ecológicos ainda está sendo implementada. No Brasil, estes estudos têm sido quase restritos a região dos Cerrados, com pesquisas pontuais em outras regiões do país.

Considerando-se que os nematoides do solo respondem de forma diferenciada as sistemas agrícolas, este estudo tem como hipótese que a nematofauna se altera em função de sistemas agrícolas envolvendo diferentes formas de manejo do solo e de culturas, indicando alterações que ocorram em atributos físicos e químicos, bem como na cadeia alimentar do solo.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivos validar o uso de nematoides como bioindicadores em estudos ecológicos em áreas subtropicais, estabelecer níveis de impacto de sistemas de culturas e de manejo dos solos sobre a comunidade de nematoides, bem como avaliar alterações ocorridas na cadeia alimentar do solo e relacionar os grupos funcionais de nematoides aos sistemas agrícolas adotados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 NEMATOIDES

Os nematoides são animais invertebrados não-segmentados que habitam os vários biomas do planeta, ocupando nichos no mar, água doce ou ambientes terrestres que forneçam uma fonte disponível de carbono orgânico (BONGERS; FERRIS, 1999). Estima-se que de cada cinco animais multicelulares no planeta, quatro sejam nematoides (HUGOT; BAUJARD; MORAND., 2001), havendo entre 40.000 e 10.000.000 de espécies no filo Nematoda (BLAXTER, 1998), embora apenas cerca de 1% dessas espécies já tenham sido descritas (YEATES; BOAG, 2006).

Os nematoides que ocorrem no solo são muito pequenos e apresentam grande abundância (milhões/m²) e diversidade (muitas vezes mais que 30 taxons), participando de todos os níveis tróficos da rede alimentar (YEATES; BOAG, 2003) e movendo-se no filme de água através das partículas (TIHOHOD, 1993).

Segundo Yeates e Bongers (1999), embora a forma do corpo da maioria dos nematoides seja vermiforme em todas as etapas de sua vida, o comprimento dos adultos varia de menos de 0,3mm (*Bunonema*) a 5mm (*Longidorus*), podendo ocorrer espécies que chegam a 17m, no caso de *Placentonema gigantissima* Gubanov, 1951, porém a principal evidência morfológica são as estruturas de sua cabeça, que estão estreitamente relacionadas aos hábitos alimentares de cada espécie.

O filo Nematoda compreende as classes Secernentea (esôfago dividido em três partes e presença de um par de órgãos sensitivos, os fasmídios) e Adenophorea (esôfago com uma, duas, ou raramente três partes e fasmídios ausentes) e as subclasses Enoplia, Chomadoria, Rhabditia, Spiruria e Diplogasteria (DE LEY; BLAXTER, 2002). Os Secernentea são quase exclusivamente terrestres, raramente sendo de água doce ou marinha, ao passo que os Adenophorea ocupam nichos nos três habitats (BONGERS; FERRIS, 1999). São 19 ordens, das quais apenas 13 estão associadas ao solo (CARES; HUANG, 2008a). A evolução da estratégia de sobrevivência desses grupos é uma importante área para se criar hipóteses ecológicas sobre porque esses organismos são tão diversos.

As partículas do solo variam em tamanho, natureza e agregação em todas as dimensões (horizontal e vertical), fornecendo habitats inumeráveis para uma vasta diversidade de organismos. Assim, de acordo com Bongers e Ferris (1999), os organismos maiores vivem naturalmente nos canais do solo ou criam túneis e câmaras, enquanto os organismos menores, incluindo os nematoides, são principalmente aquáticos e vivem no filme de água entre as partículas de solo. O seu tamanho permite o movimento pelos poros entre partículas ou entre agregados, sem atividade de construção de túnel.

Rossi, Delaville e Quénéhervé, (1996) citam que dois componentes são definidos no padrão de distribuição espacial de nematoides: um macro que ocorre em escala generalizada de campo, afetado por variáveis ambientais e outro micro que ocorre em escala menor na forma de manchas, sendo relacionado ao ciclo de vida e estratégia de alimentação. As populações desses organismos no ambiente variam em função do potencial biótico de cada espécie e das condições adversas físicas e bióticas que o ambiente impõe (YEATES; BONGERS, 1999).

2.1.1 Grupos Tróficos

Os nematoides se estabeleceram próximos a determinados nichos ecológicos e se adaptaram aos diversos recursos alimentares do solo (WYSS, 2002) e a morfologia da região anterior e da cavidade bucal do nematoide está diretamente relacionada ao seu hábito alimentar (GOULART, 2007). Assim, Yeates et al. (1993) propuseram a ocorrência de oito grupos de nematoides no solo, que seriam: a. Fitoparasitas ou fitófagos, aqueles que se alimentam de plantas vasculares; b. Fungívoros ou micófagos, os que têm como fonte de alimento hifas de fungos saprófitos, penetrando-as com um pequeno estilete; c. Bacteriófagos, que têm como base alimentar qualquer fonte procariótica; d. Ingestores de substrato, que utilizam principalmente a ingestão de substrato onde há crescimento de bactérias, geralmente nematoides marinhos; e. Carnívoros ou predadores, se alimentam de invertebrados do solo (protistas, rotíferos e outros nematoides); f. Os que se alimentam de eucariotos unicelulares, como algas e diatomáceas; g. Nematoides que apresentam estágios infectivos ou de dispersão como parasitas de animais (vertebrados e invertebrados) e que podem ter um ciclo reprodutivo alimentar bacteriano ou fúngico no solo; h. Onívoros (uma combinação de a-f acima), mas

geralmente aplicado a nematoides da ordem Dorylaimida.

A proposta para utilização desses organismos em estudos ecológicos no solo (YEATES et al., 1998; CARES, 2006; GOULART, 2007) é um reagrupamento, permanecendo cinco grupos tróficos básicos, a saber: fitófagos, fungívoros, bacteriófagos, predadores e onívoros, sendo os dois grupos mais abundantes os fitófagos e os bacteriófagos. A Tabela 1 apresenta os hábitos alimentares das ordens de nematoides que ocorrem nos solos.

Nematoides fitoparasitas apresentam estilete estomatostílio, onquiostílio ou odontostílio. São os mais conhecidos e estudados em virtude dos prejuízos que causam à agricultura, sendo também ecologicamente importantes, pois podem consumir, em pastagens, de 7 a 10% da matéria seca ou 2 a 3% das raízes (CURRY, 1994). Além da nutrição direta, os nematoides fitoparasitas acarretam prejuízos às culturas por alterarem a capacidade de absorção de água e nutrientes e por interferirem em importantes processos biológicos, como a associação micorrízica (ATILANO; MENGE; VAN GUNDY., 1981) e a nodulação por *Rhizobium* sp. (MATTOS; HUANG; PIMENTEL, 2006).

Nematoides fungívoros também podem apresentar estiletos rudimentares, que penetram em uma célula ou hifa e injetam enzimas para digestão (GOULART, 2007). Alguns gêneros, como *Aphelenchoides*, *Ditylenchus* e *Tylenchus* apresentam espécies fitoparasitas ou fungívoras, ficando a classificação relacionada ao hábito alimentar predominante e na ocorrência de uma planta hospedeira (NEHER, 2001).

Os nematoides bacteriófagos apresentam cavidade bucal cilíndrica e estreita e uma forma de alimentação mais simples, através da ingestão de células bacterianas (CARES; HUANG, 2008a). Podem afetar de forma indireta a produtividade das culturas, pois são importantes na regulação do nitrogênio inorgânico disponível a essas plantas, alimentando-se da biomassa microbiana com baixa relação C/N e podem também disponibilizar o nitrogênio mineral (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001). Além disso, alimentam-se indistintamente de bactérias benéficas, saprofíticas e patogênicas (MATTOS; HUANG; PIMENTEL, 2006), podendo reduzir significativamente populações desses organismos no solo e incrementar a mineralização (COLEMAN et al., 1991).

Segundo Mattos et al. (1986) podem, ainda, interferir na nodulação de leguminosas por *Rhizobium* sp., inclusive penetrando nos nódulos e se

alimentando dos bacteróides, o que reduz a fixação biológica de nitrogênio.

Tabela 2.1 – Hábitos alimentares de nematoides do solo.

Ordem/Subordem	Grupo trófico
Classe Chromadorea	
Rhabditida/Rhabditina	Bacteriófagos, carnívoros, parasitas de insetos, ingestores de substrato
Chromadorida	Parasitas de algas, bacteriófagos, carnívoros
Rhabditida/Tylenchina	Fitoparasitas, parasitas de algas, fungívoros, carnívoros, parasitas de insetos
Desmoscolecida	Bacteriófagos
Monhysterida	Bacteriófagos, carnívoros, parasitas de algas
Araeolaimida	Bacteriófagos
Classe Enoplea	
Enoplida	Bacteriófagos, carnívoros, parasitas de algas, onívoros
Isolaimida	Bacteriófagos
Mononchida	Carnívoros, bacteriófagos
Dorylaimida	Fungívoros, fitoparasitas, carnívoros, onívoros
Triplonchida	Fungívoros, fitoparasitas

Adaptado de Yeates et al. (1993).

Nematoides com cavidade bucal ampla, globosa e armada com dentes, dentículos ou placas cortantes são predadores de invertebrados, inclusive outros nematoides, ingerindo a presa por inteiro (YEATES, 1998). Outra forma de alimentação é pelo uso de um estilete estreito, que penetra o corpo do animal e suga-lhe o conteúdo interno, como ocorre nas ordens Rhabditida e Dorylaimida (YEATES, 1998; CARES; HUANG, 2008a).

Nematoides onívoros possuem um odontoestilete largo com abertura em bisel igual ou menor que a metade do comprimento do estilete (CARES; HUANG, 2008a) e seus hábitos alimentares, embora pouco conhecidos, relacionam-se com fungos, invertebrados, algas e pelos radiculares (GOULART, 2007).

2.1.2 Importância nos Processos Ecológicos do Solo

As funções ecológicas dos nematoides no solo incluem a decomposição de matéria orgânica, mineralização de nutrientes, degradação de toxinas e regulação da população de micro-organismos (BONGERS; FERRIS, 1999), podendo estimular o desenvolvimento de plantas (FU et al., 2005).

Com base no fluxo de energia, os nematoides seriam considerados pouco importantes, entretanto, a contribuição de um grupo de organismos para o funcionamento do sistema como um todo não pode ser julgada somente com base na quantidade de energia processada por esse grupo (GOULART, 2007). Nas cadeias alimentares, consumidores como os nematoides podem ser relativamente pouco importantes para o fluxo de energia, porém podem realizar um papel importante como reguladores de taxas ou velocidades das transformações como a decomposição de matéria orgânica (WHITFORD et al., 1982).

As dinâmicas populacionais de nematoides microbiófagos (fungívoros e bacteriófagos) tendem a se sincronizar com aquelas dos micro-organismos dos quais esses nematoides se alimentam (FRECKMAN, 1985; MIKOLA, 1998). Assim, nematoides fungívoros e bacteriófagos afetam a atividade de fungos e bactérias, conseqüentemente afetando também os processos desempenhados por esses micro-organismos. Em variadas condições ambientais, os nematoides microbiófagos contribuem direta e indiretamente para o processo de decomposição de matéria orgânica, chegando a elevar taxas de mineralização de carbono (respiração) e de outros nutrientes (ANDERSON et al., 1981; TROFYMOW et al., 1983; BARDGETT; CHAN, 1999; FERRIS et al., 1998; MIKOLA; SETALA, 1998; CHEN; FERRIS, 1999; LAAKSO; SETALA, 1999).

Os prováveis mecanismos pelos quais estes efeitos ocorrem são: nematoides transportam micro-organismos para microhabitats do solo que contêm mais e melhores recursos ou fontes de alimento, promovendo assim o aumento no crescimento microbiano; nematoides fornecem excretas e alimento parcialmente digerido como fonte de energia para micro-organismos; nematoides fungívoros ingerem hifas senescentes, removendo metabólitos secundários responsáveis pela inibição do crescimento fúngico e; nematoides microbiófagos, quando presentes em populações não muito altas, aceleram o crescimento microbiano, quando a alimentação dos nematoides ocorre em nível considerado ótimo (NILES;

FRECKMAN, 1998; GOULART, 2007).

A aceleração do crescimento microbiano, decorrente da alimentação de nematoides em nível ótimo, ocorre por meio da manutenção de micro-organismos, especialmente bactérias, na fase logarítmica de crescimento populacional, o que pode aumentar a mineralização de nutrientes (ANDERSON et al., 1981). A alimentação de nematoides microbiófagos, em um nível considerado ótimo (quando as populações desses nematoides não são muito altas), promove um maior crescimento microbiano, como resposta compensatória a essa alimentação. (GOULART, 2007). Esse fenômeno é chamado de efeito regulador dos nematoides sobre as populações microbianas (NILES; FRECKMAN, 1998).

Quando nematoides microbiófagos são muito abundantes, sua alimentação pode prejudicar o crescimento das populações microbianas, mas essa situação é considerada de ocorrência pouco provável (BOUWMAN; ZWART, 1994). Por exemplo, cerca de 30% das bactérias ingeridas por nematoides não são digeridas e assimiladas, permanecendo vivas após a excreção (GHAFOURI; MCGHEE, 2007).

Outra importante função dos nematoides no solo está relacionada à redistribuição de recursos, de forma mais assimilável para outros consumidores, estimulando populações de certos micro-organismos (FU et al., 2005). Até 40% do carbono ingerido por nematoides bacteriófagos é liberado pela cutícula na forma de CO₂, que retorna à atmosfera e é disponibilizado para a fotossíntese (FERRIS et al., 1995) e o nitrogênio é excretado na forma de amônio disponível para as plantas e para a população bacteriana no solo (YEATES et al., 2009).

Além dos nematoides microbiófagos, o grupo dos predadores regula a mineralização de nutrientes alimentando-se de pequenos animais no solo, inclusive nematoides microbiófagos, constituindo, portanto, um grupo pelo qual os recursos passam para níveis tróficos superiores na cadeia alimentar (WARDLE; YAETES, 1993).

2.1.3 Nematoides Parasitas de Plantas

São nematoides que se alimentam de plantas vasculares através de estruturas denominadas estiletos. Segundo Yeates (1998) subdivisões desse grupo de nematoides são possíveis, mas a grande variedade de interações nematoide-

planta e variação dessas relações durante o ciclo de vida das espécies de nematoides podem levar a categorias arbitrárias.

Existem diversas classificações possíveis dos nematoides parasitas de plantas, como a de Hussey e Grundler (1998), que classificam os nematoides parasitas de plantas em quatro grupos de acordo com a relação alimentar com o hospedeiro: ectoparasitas migradores, ectoparasitas sedentários, endoparasitas migradores e endoparasitas sedentários.

Ectoparasitas migradores têm o modo de parasitismo mais primitivo, onde se mantém fora das raízes e utilizam seu estilete para se alimentar de células epidérmicas. Ectoparasitas sedentários se alimentam em um sítio específico ou célula da raiz por um período prolongado, se mantendo exteriormente à raiz. Endoparasitas migradores penetram nas raízes e se alimentam por certo período de tempo, migram intracelularmente, podendo, inclusive, retornar ao solo e parasitar outro hospedeiro. Os endoparasitas sedentários são aqueles que envolvem as relações alimentares mais complexas e especializadas com a planta hospedeira. Invadem as raízes na forma de juvenis de segundo estágio e seu desenvolvimento leva a modificações na morfologia e função de células radiculares específicas, que se tornam uma fonte permanente de alimentação para o parasita. Enquanto estabelece a relação alimentar, o corpo do juvenil aumenta de tamanho e este vem a se tornar imóvel, permanecendo no interior da raiz (HUSSEY; GRUNDLER, 1998).

Os nematoides, em íntima relação parasitária com as plantas hospedeiras, podem apresentar diferentes ações sobre estas, a saber: ação traumática, provocada por injúrias mecânicas decorrentes do movimento do nematoide nos tecidos; ação espoliadora, provocada pelo desvio de nutrientes essenciais; e ação tóxica, provocada por toxinas ou enzimas secretadas pelo nematoide e que são prejudiciais à planta (AGRIOS, 2005).

2.1.4 Nematoides de Vida Livre

Os nematoides de vida livre representam a maioria dos taxa de nematoides descritos (YEATES et al., 2009) e, assim como os fitoparasitas, são animais aquáticos dependentes de água livre para sua mobilidade, entretanto não se alimentam diretamente de material vegetal (YEATES, 1998).

Geralmente, estão relacionados com a decomposição de matéria

orgânica do solo e ocupam nichos alimentares baseados em uma série de recursos alimentares, sendo muito afetados por fatores físicos, como tamanho de poros, umidade e temperatura (AVERY; THOMAS, 1997).

2.1.4.1 Bioindicadores

Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade de um ecossistema, podendo ser classificados como físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). A qualidade do solo, portanto, pode ser mensurada através do uso de sua biota como bioindicadora.

Os nematoides edáficos são organismos que respondem com rapidez às mudanças no ambiente, podendo ser utilizados como indicadores ecológicos de distúrbios ambientais, considerando ainda que apresentam como características que assim os qualificam: a abundância no solo, sua ampla distribuição e a presença de diferentes grupos tróficos (FRECKMAN; ETTEMA, 1993; YEATES et. al., 1993; CURRY, 1994).

Para se alimentarem e completarem o ciclo de vida, os nematoides devem ser capazes de se mover livremente através da água. Assim, a textura e umidade do solo e a disponibilidade de alimento conveniente são críticas na determinação da diversidade das comunidades de nematoides (YEATES et al., 1993). A nematofauna em agroecossistemas compreende as espécies nativas que sobreviveram ao manejo agrícola, espécies que podem ter sido introduzidas pela atividade humana e as espécies que chegaram através da dispersão natural (YEATES; BONGERS, 1999).

Não só os ciclos agrícolas anuais, mas também os ciclos mais longos de uso da terra têm influência na proporção dos vários taxa de nematoides que formam a fauna em um determinado tempo.

Segundo Bongers e Ferris (1999), os nematoides são bons bioindicadores em estudos da qualidade dos solos, principalmente porque: a. estão entre os metazoários mais simples, ocorrendo em qualquer ambiente que forneça uma fonte de carbono orgânico, em qualquer tipo de solo, sob diversas condições climáticas e em habitats que variam de equilibrado a extremo distúrbio; b. no solo, vivem em filmes de água e sua cutícula permeável dirige o contato com o seu microambiente; c. não migram rapidamente de condições estressantes e muitas

espécies sobrevivem à desidratação, congelamento ou estresse de oxigênio; d. ocupam posições-chave nas redes alimentares do solo; e. suas características morfológicas internas podem ser vistas sem dissecação, pois são transparentes; f. o hábito alimentar é facilmente identificado de acordo com a estrutura da cavidade bucal e faringe; g. respondem rapidamente à perturbação e enriquecimento nutricional do ambiente.

2.1.4.2 Mensuração de comunidades de nematoides

Uma amostra de um ecossistema agrícola pode conter mais de 50 taxons de nematoides, em variadas proporções (BONGERS; FERRIS 1999). Assim, faz-se necessário reunir essa complexidade em um valor único ou índice.

De acordo com Cares e Huang (2008a), devido às dificuldades em lidar com a resolução taxonômica em nível de espécie, a identificação em nível de gênero e a composição trófica têm sido consideradas para análises de estrutura de comunidades de nematoides.

a) Abundância

Segundo Cares e Huang (2008a) a abundância total é avaliada pela contagem do número total de nematoides em uma amostra com volume conhecido de solo. A abundância absoluta (número) e a abundância relativa (percentagem) de cada taxon são calculadas por meio de amostragem, considerando-se a abundância total de nematoides na amostra.

b) Diversidade

Uma primeira medida da diversidade de organismos em uma comunidade se baseia na riqueza, ou seja, o número de diferentes taxons encontrados em cada condição avaliada (GOULART, 2007). Além dessa medida mais simples existem diversos índices matemáticos aplicáveis para mensuração da diversidade de qualquer organismo.

Parâmetros da aplicação aos nematoides de índices ecológicos gerais foram apresentados por Norton e Niblack (1991) e Bernard (1992). Embora

geralmente se use \log_e , como sugerido abaixo, alguns pesquisadores preferem o uso de \log_2 . Assim, a informação básica em espécies identificadas pode ser resumida como: N, o número de indivíduos identificados; S, o número de taxa identificados; um dado taxon é considerado como o n taxon; p, a proporção de indivíduos no n taxon.

Dessa forma, os índices básicos que podem ser calculados são:

$$\text{Índice de Diversidade de Shannon-Weaver: } H' = - \sum_{i=1}^S p_i \text{Log}_e p_i$$

$$\text{Índice de Equitatividade de Shannon: } J' = \frac{H'}{H'_{Max}}$$

$$\text{, onde } H'_{Max} = \text{Log}_e S$$

$$\text{Índice de Riqueza de Margalef: } SR = \frac{S-1}{\text{Log}_e N}$$

$$\text{Índice de Dominância de Simpson: } Ds = \sum p_i^2$$

$$\text{Índice de Diversidade de Simpson: } H_2 = - \text{Log}_e Ds$$

Segundo Yeates e Bongers (1999), o índice de Shannon-Weaver (H') é comumente usado para avaliar a diversidade atribuindo-se pesos iguais a todos os taxons, mas como a comunidade pode ser dominada pelos taxons mais abundantes, tanto a equitatividade (J') quanto a riqueza (SR) muitas vezes são calculadas.

Como o índice de Shannon-Weaver atribui pesos iguais a todos os nematoides, o índice Simpson (Ds) pode ser usado para avaliar a dominância, atribuindo-se pesos maiores aos nematoides mais abundantes (CARES; HUANG, 2008b) e a sua transformação em \log_e (H_2) oferece uma medida alternativa da diversidade (YEATES; BONGERS, 1999; GOULART, 2007).

De acordo com Yeates e Bongers (1999), deve-se tomar cuidado ao se comparar valores de índices entre estudos. Além de diferenças no cálculo, outros fatores afetam os índices, como textura do solo, padrões sazonais, tipo de vegetação e rotação, predação e microsítios (amostras na linha ou entrelinha). Assim, ao se comparar valores desses índices entre estudos, uma análise criteriosa da metodologia empregada e das condições do trabalho deve ser realizada.

Também pode-se mensurar a diversidade de grupos tróficos pelo cálculo do Índice de Diversidade Trófica (FRECKMAN; ETTEMA, 1993), considerando-se a abundância relativa de cada grupo, como na fórmula abaixo, onde p_i é a abundância relativa (%) de cada grupo trófico na comunidade.

$$\text{Índice de Diversidade Trófica: } TD = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

c) Maturidade ecológica

O índice de maturidade de nematoides (MI) de Bongers (1990) foi proposto como uma medida da condição do ecossistema do solo. Baseado na estratégia de vida, as famílias de nematoides podem ser divididas em uma escala colonizador-persistente (c-p). A escala vai de um (primeiros colonizadores dos novos recursos) a cinco (persistentes em hábitat sem perturbação). Segundo Yeates e Bongers (1999), os valores refletem a posição percebida do taxa em um espectro baseado na sua taxa de reprodução e características correlacionadas.

Taxons naturais são compostos de espécies com graus de semelhança morfológica e funcional e quanto mais baixo o nível hierárquico de determinado taxon, mais alta a semelhança. As espécies de nematoides em famílias monofiléticas geralmente têm r-semelhante ou K-selecionado. Conseqüentemente, a espécie relacionada na exposição a nível de família terá resposta semelhante a perturbação ambiental (BONGERS; FERRIS, 1999).

Os colonizadores c-p 1 se caracterizam por apresentar curto ciclo de vida, produção de muitos ovos pequenos, presença de estágio de sobrevivência em condições ambientais desfavoráveis e otimização de crescimento populacional em condições de enriquecimento nutricional do substrato (BONGERS, 1990). Por outro

lado, os persistentes c-p 5 se caracterizam por um longo ciclo de vida, produção de poucos, porém grandes ovos, mobilidade reduzida, ausência de estágio de larva, elevada sensibilidade a poluentes e a outros fatores de distúrbio (BONGERS; BONGERS, 1998; CARES; HUANG, 2008a).

A equação geral para calcular esses índices é determinada pelo índice de maturidade D onde c é o valor de cada família na escala colonizador-persistente (Tabela 2) e p é a proporção de indivíduos no n taxon considerado:

$$\text{Índice de maturidade: } D = \sum_{i=1}^n c - p_i \cdot p_i$$

Na prática, MI avalia a variação dos níveis de perturbação a que o solo é submetido, indo de menos de 2,0 em sistemas com alto distúrbio, enriquecidos por nutrientes a 5,0 em ambientes ecologicamente estáveis. Práticas agrícolas, como incorporação de material orgânico no solo, estimulam a atividade microbiana e fornecem recursos para espécies de nematoides oportunistas, havendo uma conseqüente redução no MI seguida de aumento gradativo e sucessivo (BONGERS; FERRIS, 1999).

Tabela 2.2 – Famílias de nematoides e valores c-p, usados no cálculo do índice de maturidade (MI).

Família	Valo c-p	Família	Valo c-p
Achromadoridae	3	Hypodontolaimidae	3
Actinolaimidae	5	Ironidae	4
Aguinidae	2	Leptolaimidae	3
Alaimidae	4	Leptonchidae	4
Alloionematidae	1	Linhomoeidae	3
Anatonchidae	4	Microlaimidae	3
Aphelenchidae	2	Monhysteridae	1
Aphelenchoididae	2	Mononchidae	4
Aporcelaimidae	5	Myolaimidae	2
Aulolaimidae	3	Neodiplogasteridae	1
Bastianiidae	3	Neotylenchidae	2
Bathyodontidae	4	Nordiidae	4
Belonidiridae	5	Nygolaimidae	5
Bunonematidae	1	Odontolaimidae	3
Cephalobidae	2	Odontopharyngidae	1
Choanolaimidae	4	Onchulidae	3
Chromadoridae	3	Ostellidae	2
Chrysonematidae	5	Panagrolaimidae	1
Cyatholaimidae	3	Plectidae	1
Desmodoridae	3	Prismatolaimidae	3
Diphtherophoridae	3	Qudsianematidae	4
Diplogasteridae	1	Rhabditidae	1
Diplogasteroididae	1	Rhaddolaimidae	3
Diplogcaspteridae	1	Teratocephalidae	2
Diplopeltidae	3	Thornematidae	5
Discolaimidae	5	Tobrilidae	3
Dorylaimidae	4	Tripylidae	3
Ethmolaimidae	3	Tylopharyngidae	1
Halaphanolaimidae	3	Xylidae	2

Adaptado de Bongers (1990) e Goulart (2007).

Para nematoides que se alimentam de plantas superiores, foi proposto o PPI (índice de parasitas de planta), equivalente ao MI. Esses organismos são omitidos no cálculo do MI, pois sua ocorrência e abundância são basicamente determinadas pela estrutura da comunidade vegetal, variando com a posição e vigor das plantas que crescem no solo (BONGERS; FERRIS, 1999). A Tabela 3 apresenta os valores c-p das famílias de nematoides fitoparasitas envolvidas nesse cálculo.

Bongers et al. (1995) demonstraram que sob certas condições o PPI e MI comportam-se de maneira oposta, sugerindo que um aumento na relação

PPI/MI poderia refletir um enriquecimento do ecossistema. O PPI tende a responder ao enriquecimento ambiental de forma inversa ao MI. Um índice agregado que inclui os fitoparasitos no cálculo do MI não poderia refletir claramente uma perturbação ambiental.

Tabela 2.3 – Famílias de nematoides parasitas de plantas e valores c-p, usados no cálculo do índice de parasitas de plantas (PPI).

c-p 2	c-p 3	c-p 4	c-p 5
Anguinidae	Criconematidae	Trichodoridae	Longidoridae
Eephyadophoridae	Dolichodoridae		
Pratylenchidae	Hemicycliophoridae		
Psilenchidae	Heteroderidae		
Tylenchidae	Hoplolaimidae		
Tyloporidae	Paratylenchidae		

Adaptado de Bongers (1990) e Goulart (2007).

As espécies de nematoides oportunistas aumentam, em número, mais rapidamente que as espécies persistentes em resposta ao aumento na atividade microbiana causada pela adição de matéria orgânica. O aumento nos números de nematoides c-p 1 foi evidente quatro dias depois que esterco foi acrescentado ao solo, tornando-se dominantes na comunidade depois de duas ou três semanas. Durante as semanas seguintes, nematoides c-p 1 diminuíram e as espécies c-p 2 passaram a ser dominantes (ETTEMA; BONGERS, 1993).

Em ecossistemas agrícolas, o MI é usado para diferenciar manejos de lavoura. A frequência de perturbação do solo está inversamente relacionada à magnitude do MI, mas positivamente correlacionada com o PPI (FRECKMAN; ETTEMA, 1993). O enriquecimento do solo estimula a atividade microbiana e sua subsequente sucessão, que é refletida em uma redução inicial no MI seguido pelo seu aumento gradual. Também aumenta a capacidade de transferência de alimentos das plantas para os fitoparasitas, resultando em níveis mais altos do PPI. PPI, MI e a proporção dos dois são medidas valiosas para avaliar o estado do ecossistema (PORAZINSKA et al., 1988; FERRIS; VENETTE; LAU, 1996; BONGERS; VAN DER MEULLEN; KORTHALS, 1997).

A poluição do solo induz a uma mudança na estrutura de comunidades em direção à dominância por espécies oportunistas. Para nematoides, o MI diminui em consequência do desaparecimento dos taxons que são mais altos

na escala c-p (KORTHALS et al., 1996a). Esses taxons, compostos principalmente de predadores e onívoros, desempenham importante papel de regulação na cadeia alimentar do solo. Sob condições de luz para moderar a poluição, a abundância de espécies sensíveis é reduzida, ao passo que a abundância das espécies tolerantes não é afetada ou, até mesmo, pode aumentar. Contudo, até as espécies tolerantes diminuem em condições muito poluídas, por causa de efeitos tóxicos ou devido à redução na atividade microbiana (KORTHALS et al., 1996b).

Dois tipos de nematoides oportunistas podem ser distinguidos: os oportunistas de enriquecimento e os oportunistas gerais. Os oportunistas de enriquecimento colonizam em condições de enriquecimento e são classificados como c-p 1, enquanto os oportunistas gerais são classificados como c-p 2 (NEHER; CAMPBELL, 1994). A resposta dos oportunistas ao enriquecimento sugere cálculos alternativos do MI. Uma omissão dos oportunistas de enriquecimento (c-p 1), se o MI é uma medida da poluição/estresse induzido em condições enriquecidas, apresenta-se como uma medida mais confiável.

Há várias explicações possíveis para os nematoides persistentes serem mais sensíveis à poluição que os colonizadores, entre elas: efeitos cumulativos em espécies duradouras, alta variabilidade genética dos oportunistas que aceleram a seleção de genótipos tolerantes e recuperação rápida dos oportunistas durante as flutuações em condições de estresse. A toxicidade aguda é altamente correlacionada com a avaliação de c-p, sugerindo que o efeito de poluentes não afeta apenas o potencial reprodutivo (KORTHALS et al., 1996a).

Cada indivíduo em uma sucessão vegetal pertence a uma comunidade de nematoides característica, que reflete as características bióticas e abióticas de cada estágio e influi nessa sucessão (VAN DER PUTTEN; VAN DIJK; PETERS, 1993). Se a nematofauna de duas etapas sucessivas estáveis diferenciam-se no seu MI, ela é provavelmente um resultado de diferenças na ecologia da rizosfera, posição dos nutrientes no solo, pH ou poluição (YEATES; BONGERS, 1999).

Se a primeira etapa sucessiva de um ambiente deficiente nutricionalmente compõe-se de algas ou musgos, os primeiros nematoides colonizadores serão onívoros da ordem Dorylaimida e oportunistas em geral (ETTEMA; BONGERS, 1993). A sucessão de nematoides de habitats ricos, como esterco de vaca, com atividade microbiana abundante, é iniciada por oportunistas de

enriquecimento transportados por insetos (YEATES; BONGERS, 1999). Estes são lentamente seguidos pelos nematoides com valores c-p mais altos. Durante a sucessão secundária, na recuperação de habitats degradados, os oportunistas de enriquecimento ou os oportunistas gerais inicialmente dominam, dependendo do nível de atividade microbiana.

Elevando-se a fertilidade de solo, rapidamente ocorrem reduções do MI e os oportunistas de enriquecimento predominam. Os primeiros colonizadores são substituídos por oportunistas gerais com a diminuição da atividade microbiana e o MI gradualmente aumenta com a diminuição da fertilidade do solo. Durante a nova sucessão, os oportunistas gerais são reduzidos novamente (mas não substituídos) por persistentes, havendo aumento na riqueza de espécies, mas os oportunistas gerais permanecem dominantes (DE GOEDE; VAN DIJK, 1998).

d) Condição de cadeia trófica

As contribuições dos nematoides para as interações na cadeia trófica e nos processos de determinado ecossistema podem não necessitar de identificação a nível específico (YEATES et al., 2009), pois a diversidade funcional de grupos com adaptações e alimentação similares pode ser mais importante que a diversidade dentro destes grupos (LAASKO; SETALA, 1999).

As primeiras iniciativas de se mensurar alterações na cadeia trófica do solo através de nematoides valia-se do cálculo de razões entre as abundâncias relativas de certos grupos tróficos (GOULART, 2007). Dessa forma, a relação fungívoros/bacteriófagos pode ser utilizada para mensurar a via prevalente de decomposição de matéria orgânica no solo e a relação (fungívoros + bacteriófagos)/fitoparasitas indica a dominância de herbivoria ou nematoides que se alimentam de micro-organismos em uma cadeia trófica (WASILEWSKA, 1994).

Ferris, Bongers e De Goede (2001) apresentaram uma proposta de utilização de novos índices para caracterizar comunidades de nematoides, com base na presença e abundância de determinadas “guildas”, que podem ser consideradas importantes indicadores da condição ecológica do solo, especialmente com relação a cadeias alimentares. Uma “guilda” é um conjunto de espécies (ou grupos taxonômicos) com características similares, principalmente atributos biológicos de maneira geral e tipos de resposta a determinadas condições

ambientais (GOULART, 2007). No caso de nematoides, uma “guilda funcional” é um conjunto de grupos taxonômicos com o mesmo hábito alimentar e com a mesma função na cadeia trófica (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001). Além disso, cada “guilda funcional” reúne nematoides que apresentam o mesmo valor c-p, de 1 a 5. Os autores apresentaram três condições de cadeias alimentares e identificaram as “guildas funcionais” de nematoides associadas, as quais são indicadoras da condição da cadeia alimentar no solo.

Foi descrita como basal a cadeia alimentar que foi reduzida em função do estresse, incluindo limitações de recursos, condições ambientais adversas ou contaminação recente. Como estruturada a cadeia alimentar na qual os recursos são mais abundantes ou onde a recuperação de estresse está ocorrendo. Uma cadeia alimentar torna-se enriquecida quando ocorre perturbação ou distúrbio e os recursos tornam-se disponíveis por causa da mortalidade de organismos, alterações no ecossistema ou por mudanças ambientais favoráveis (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001).

Assim, calcula-se o Índice de Estrutura, o Índice de Enriquecimento, e o Índice Basal, segundo as fórmulas abaixo:

$$\text{Índice de Enriquecimento: } EI = 100 \left[\frac{e}{(e+b)} \right]$$

$$\text{Índice de Estrutura: } SI = 100 \left[\frac{s}{(s+b)} \right]$$

$$\text{Índice Basal: } BI = 100 \left[\frac{b}{(s+e+b)} \right]$$

Onde e, s e b são as abundâncias de nematoides de guildas que representam enriquecimento, estrutura e condição basal, respectivamente. Assim, de acordo com Ferris, Bongers e De Goede (2001), as guildas que representam enriquecimento são: bacteriófagos com valor c-p igual a 1 (Ba₁) e fungívoros com valor c-p igual a 2 (Fu₂). As guildas que representam estrutura são: bacteriófagos com valor c-p entre 3 e 5 (Ba₃, Ba₄ e Ba₅), fungívoros com valor c-p entre 3 e 5 (Fu₃,

Fu₄ e Fu₅), onívoros com valor c-p entre 3 e 5 (Om₃, Om₄ e Om₅) e predadores (carnívoros) com valor c-p entre 2 e 5 (Ca₂, Ca₃, Ca₄ e Ca₅). As guildas que representam condição basal são: bacteriófagos e fungívoros com valor c-p 2 (Ba₂ e Fu₂, respectivamente).

Esses componentes são calculados com base na abundância das “guildas” respectivas (n) e seus pesos específicos (k, Tabela 4), pelas seguintes fórmulas:

$$e = \sum k_e . n_e , \quad s = \sum k_s . n_s \quad e \quad b = \sum k_b . n_b$$

Tabela 2.4 – Valores dos pesos específicos (k) de cada guilda funcional para cálculos dos índices de caracterização da cadeia alimentar do solo.

Guilda	K	Guilda	K	Guilda	k
Ba ₁	3,2	Om ₄	3,2	Ba ₅	5,0
Ba ₂	0,8	Ba ₄	3,2	Fu ₅	5,0
Fu ₂	0,8	Fu ₄	3,2	Ca ₅	5,0
Ca ₂	0,8	Ca ₄	3,2	Om ₅	5,0
Ba ₃	1,8	Om ₄	3,2		
Fu ₃	1,8				
Ca ₃	1,8				

A_x, onde A é o hábito alimentar (Ba: bacteriófagos, Fu: fungívoros/fungívoros, Ca: carnívoros/predadores e Om: onívoros) e x é o valor c-p de cada família. Adaptado de Ferris, Bongers e De Goede (2001).

Além disso, os mesmo autores propuseram o Índice Canal, que representa a via de decomposição predominante de matéria orgânica na cadeia alimentar do solo, considerando nematoides microbiófagos, sendo calculado da seguinte maneira:

$$\text{Índice Canal: } CI = 100 \cdot \left[\frac{0,8Fu_2}{(3,2Ba_1 + 0,8Fu_2)} \right]$$

2.1.4.3 Grupos funcionais

Como a biota do solo desempenha papéis críticos no controle da mineralização de nutrientes para o crescimento das plantas, são feitos estudos de

vários “grupos funcionais” de organismos edáficos para entender os processos do solo e possivelmente identificar etapas-chave (YEATES; BONGERS, 1999).

Estudos em várias partes do mundo tentam relacionar a abundância de formas distintas de nematoides ao uso e manejo do solo onde se espera que sua abundância em determinadas áreas possa ser usada para indicar as condições biológicas restritivas (YEATES; BONGERS, 1999).

Segundo Bongers e Ferris (1999), isto pode ser contrastado ao interesse em um único grupo funcional, geralmente agentes patogênicos de plantas. Contudo, muitos nematoides são identificados como pertencentes a esses grupos com base em evidências inadequadas e como muitas espécies têm várias fontes alimentares, o ideal seria quantificar a atividade alimentar de cada espécie em um determinado solo, cultura, manejo e a combinação com o clima. O uso de “espécies indicadoras” de qualquer grupo trófico, reflete uma aproximação do grupo funcional.

Por enquanto indicadores simples têm sido encontrados entre nematoides de ecossistemas agrícolas. Possivelmente, a melhor aproximação até agora implica estudos de fitoparasitas (Heteroderidae, Longidoridae, Trichodoridae), já que existem limites dessas populações no solo que determinam se certas culturas ou variedades das culturas devem ser plantadas ou não (YEATES; BONGERS, 1999).

Os fitoparasitas têm sido identificados em estudos envolvendo comunidades de nematoides mais sensíveis a distúrbios ambientais, que podem ser utilizados como grupos funcionais para comparação entre áreas nativas e cultivadas, como aqueles pertencentes à família Criconematidae (GOULART, 2007; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a).

2.2 MANEJO DOS SOLOS

O solo é um recurso natural, vital para o funcionamento de todo o ecossistema terrestre sendo composto por minerais inorgânicos, partículas de areia, silte e argila, formas estáveis da matéria orgânica derivadas da decomposição pela biota do solo, a própria biota e gases (DORAN; SARRANTONIO; LIEBIG, 1996). Dessa forma, o solo deve ser considerado como um ecossistema complexo e dinâmico (CASTRO et al., 1993), habitat de diversos organismos.

A conversão de ecossistemas naturais em ecossistemas agrícolas

(agroecossistemas), com substituição da vegetação nativa por cultivos agrícolas, leva a diversas alterações. Tal conversão envolve uma série de atividades que afetam as taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo (ZINN; LAL; RESCK, 2005) com redução dos estoques de carbono orgânico (RANGEL; SILVA, 2007), alterações na densidade e diversidade dos organismos (LIMA; LIMA, BERBARA, 2006; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), nas características físico-hídricas do solo e no crescimento de raízes (STONE; SILVEIRA, 1999).

Assim, a ciclagem de carbono em determinado ecossistema é alterada em função dessa transição. Em ecossistemas naturais a ciclagem do carbono é determinada pelos fatores de formação do solo, influenciando o aporte de resíduos e as saídas de carbono (STEVENSON, 1994). Já em agroecossistemas, em função da produção diferenciada de resíduos, do número de cultivos, das espécies vegetais, da adubação, dos procedimentos de colheita, dos métodos adotados de preparo do solo e do manejo dos restos culturais essa dinâmica é alterada (LAL; BRUCE, 1999; RANGEL; SILVA, 2007).

Além disso, as transformações microbianas, bem como suas reações químicas podem ser alteradas sempre que um ecossistema sofre algum tipo de interferência (CASTRO et al., 1993).

Segundo Tavares Filho et al. (2001), a finalidade dos sistemas de manejo de solos é criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas. Entretanto, haverá modificações qualitativas e quantitativas diferenciadas na constituição do solo (CASTRO et al., 1993), sendo as propriedades físicas as mais afetadas (CENTURION; CARDOSO; NATALE, 2001).

Assim, a densidade do solo, fortemente relacionada com suas características intrínsecas (teor de argila e matéria orgânica) e a estrutura do solo são altamente afetadas pelo manejo do solo (CORRECHEL; SILVA; TORMENA, 1999).

O uso intensivo do solo pode predispor a formação de camadas compactadas, à redução da estabilidade dos agregados e ao aparecimento, em maior número, de microporos, aumentando a propensão à perda de solo (CARVALHO et al., 2004).

O uso incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas pode levar à formação de uma camada subsuperficial compactada, causando degradação da estrutura do solo e decréscimo da produtividade das culturas. A compactação do

solo está relacionada a reduções da porosidade e da infiltração de água e ao aumento da resistência à penetração de raízes, com efeitos sobre sua distribuição e morfologia (SILVA; ROSOLEM, 2002; CARVALHO et al., 2004).

Além disso, os sistemas de manejo dos solos, quando mal utilizados, podem agravar as perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica, acarretando em degradação de agroecossistemas (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999).

2.3 PREPARO DOS SOLOS

Os solos agrícolas funcionam como um sistema que retém e transmite água, ar, nutrientes e calor às sementes e plantas, de maneira que é fundamental um ambiente físico favorável ao crescimento radicular, para maximizar a produção das culturas (TORMENA et al., 2002). Dessa forma, o preparo do solo tem como objetivo principal melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, visando aumentar seu potencial produtivo (CARVALHO et al., 2004).

Entretanto, as condições de umidade durante o preparo, o teor de argila e de matéria orgânica do solo, a profundidade de mobilização, a intensidade de revolvimento, o tipo de implemento utilizado e o manejo dos resíduos vegetais podem levar a modificações na estrutura do solo, acarretando restrições ao crescimento das raízes (CENTURION; DEMATTE, 1992; DE MARIA; CASTRO; SOUZA DIAS, 1999).

O tipo de preparo influencia a densidade do solo (CORRECHEL; SILVA; TORMENA, 1999), sendo esta relacionada negativamente com a porosidade de aeração e positivamente com a resistência do solo à penetração das raízes (SILVA et al., 2005).

2.3.1 Preparo Convencional

As intensidades de revolvimento do solo e de incorporação dos resíduos culturais promovem modificações nos teores de matéria orgânica, na capacidade de troca de cátions, no pH, na dinâmica dos íons e na agregação do solo, conforme o tempo de uso da área (DE MARIA; CASTRO; SOUZA DIAS, 1999; FALLEIRO et al., 2003).

Os sistemas convencionais de preparo do solo têm sido apontados como causadores de diversas alterações em sua estrutura. Esses sistemas pulverizam a superfície dos solos, tornando-os mais suscetíveis ao processo erosivo e facilitam a formação de impedimentos físicos abaixo das camadas trabalhadas pelo implemento (BAUDER; RANDAL; SWAN., 1981; TAVARES FILHO; TESSIER, 1998; TAVARES FILHO et al., 2001). De Maria et al. (1999) citam que, em áreas sob preparo convencional, é comum encontrar camadas compactadas, próximas à superfície formadas pelos rodados, e em maiores profundidades, formadas pelo elemento cortante.

Essas alterações ocorrem em virtude do grau e intensidade de mobilização, o que pode levar à redução no conteúdo de água disponível e/ou má aeração (TORMENA; ROLOFF; SÁ, 1998).

Da mesma forma, as modificações provocadas pelo revolvimento do solo alteram as forças de retenção de água e sua disponibilidade, além da rugosidade superficial, ocasionando diminuição da infiltração e aumento da evaporação de água (SILVA et al., 2005).

Cada implemento disponível para o preparo do solo provoca alterações nas suas propriedades (químicas, físicas e biológicas), pois trabalha o solo de maneira própria, alterando, de maneira diferenciada, estas propriedades (FALLEIRO et al., 2003).

Os arados de aiveca promovem melhor inversão da leiva e apresentam maior capacidade de penetração, invertendo as camadas do solo com menor efeito de esboroamento e os resíduos culturais se depositam no fundo da camada arada, de forma concentrada e pouco misturada ao solo (FALLEIRO et al., 2003).

Os arados de discos trabalham melhor em condições mais adversas, mas a leiva é invertida em inclinações menores e o efeito de esboroamento do solo é maior (FALLEIRO et al., 2003).

As grades pesadas geralmente trabalham em profundidades ainda menores, não invertendo a leiva com a mesma eficiência dos arados e os resíduos culturais permanecem misturados, próximos à superfície (FALLEIRO et al., 2003).

De Maria et al. (1999) citam que em sistemas que utilizam implementos de preparo com hastes não se observa compactação, havendo menores valores de resistência e densidade do solo, quando comparados com

outros sistemas.

Em sistemas de preparo convencional dos solos, com aração e gradagem antecedendo cada cultivo, há maior suscetibilidade ao escoamento superficial das águas, com arraste de partículas, provocando a degradação das terras, que será tão intensa quanto for a erosão (RHEINHEIMER et al., 1998).

Em virtude desse escoamento superficial de água, o uso de sistemas convencionais de manejo do solo pode elevar as perdas de nutrientes e de matéria orgânica por erosão hídrica, relacionando-se, inclusive, com a eutroficação de mananciais, devido ao acúmulo de nutrientes decorrente da deposição pela enxurrada e da decomposição da biomassa existente no fundo de reservatórios (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999).

Além disso, a movimentação do solo pelas operações de cultivo tem grande influência na emergência e longevidade das sementes de ervas anuais em solos arados, devido à quebra de dormência das sementes (BLANCO; BLANCO, 1991).

Por outro lado, aumentos expressivos de produtividade e redução populacional do nematoide de galhas (*Meloidogyne incognita*) em feijoeiro foram observados por Dutra e Campos (2000) quando houve revolvimento do solo. Os autores indicaram pousio por 14 dias, após revolvimento e irrigação em período seco e de temperatura elevada no campo como forma eficaz de manejo do nematoide.

2.3.2 Sistema de Semeadura Direta

Práticas agrícolas que objetivam menor degradação do solo, bem como permitem maior sustentabilidade da agricultura têm recebido atenção crescente, tanto por parte dos pesquisadores como dos agricultores (BALOTA et al., 1998).

Assim, surgiu no Brasil na década de 1970 a forma de manejo do solo denominada sistema de semeadura direta (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000), sem o preparo e revolvimento do solo, alterando sensivelmente os componentes físicos, químicos e biológicos dos solos (BALOTA et al., 1998).

Esse sistema baseia-se na mobilização apenas na linha de semeadura, mantendo a superfície coberta pelos restos da cultura anterior, tendo como efeitos benéficos a redução da erosão, aumento no teor de matéria orgânica

no solo e economia de combustíveis nas operações agrícolas (DE MARIA; CASTRO; SOUZA DIAS, 1999), além de melhoria da estrutura, porosidade, retenção e infiltração de água, atividade biológica, nitrogênio total do solo, capacidade de troca de cátions e conteúdo de nutrientes, entre outros (BAYER; MIELNICZUK; PAVINATO., 1998).

Os sistemas de semeadura direta e preparo reduzido podem contribuir para uma melhor condição físico-hídrica do solo, pela não formação de crostas superficiais, aumento da estabilidade de agregados devido ao acúmulo de matéria orgânica, estabelecimento de porosidade contínua (bioporos) pela atividade biológica da fauna edáfica e de raízes e o equilíbrio entre os valores de macro e microporosidade, que por sua vez podem contribuir para um maior volume de água disponível (SILVA et al., 2005).

Allém disso, Falleiro et al. (2003) observaram aumento dos teores de nutrientes (com exceção de potássio), matéria orgânica, pH e CTC efetiva e redução do Al na camada superficial (0-5 cm) do solo.

Um fator fundamental para a adoção do plantio direto é a manutenção dos restos vegetais na superfície do solo, o que lhe proporciona cobertura suficiente para dissipação da energia cinética das gotas de chuva e barreiras para o escoamento superficial das águas, diminuindo a degradação das terras pela erosão (RHEINHEIMER et al., 1998). De acordo com Tormena et al. (2002), o controle da erosão é fundamental para o reduzir o processo de degradação do solo e práticas eficientes exigem a manutenção da cobertura do solo.

Além disso, Stone e Moreira (2000) citam que a semeadura direta, com adequada cobertura morta, propicia maior economia de água em comparação com os demais sistemas de preparo do solo.

Os restos vegetais que permanecem no solo após a colheita têm menor taxa de mineralização aumentando a atividade biológica, com incremento de substâncias húmicas, especialmente ácidos húmicos e fúlvicos, o que pode refletir sobre algumas propriedades físico-químicas, como a capacidade de troca de cátions e as formas de fósforo (RHEINHEIMER et al., 1998).

Entretanto, em regiões tropicais, temperaturas elevadas e altos índices pluviométricos levam a uma atividade microbiana mais intensa, que propicia uma decomposição mais acelerada dos materiais orgânicos depositados no solo (MIELNICZUK et al., 2003).

Balota et al. (1998) verificaram que a semeadura direta proporciona maior biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio, maior respiração basal e maior relação Cmic/Corg, além de diminuição no quociente metabólico (qCO_2), e menor perda de carbono do solo.

Devido à maior quantidade de matéria orgânica e atividade biológica na superfície, a estrutura de solos sob plantio direto pode ser mais favorável ao crescimento e desenvolvimento de plantas (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000).

Entretanto, de acordo com Bayer, Mielniczuk e Pavinato (1998), as melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo inicialmente não se expressam no rendimento de culturas, pois a redução do revolvimento resulta numa menor taxa de mineralização do nitrogênio orgânico do solo e dos resíduos vegetais das culturas anteriores.

Por outro lado, o não-revolvimento do solo neste sistema provoca a compactação e a diminuição do volume de macroporos na camada superficial (BERTOL et al., 2001). Falleiro et al. (2003) observaram aumento da densidade do solo, mas sem afetar a macroporosidade e a microporosidade, em sistema de semeadura direta. Assim, no plantio direto, a maior quantidade de raízes pode ficar concentrada nos primeiros 15 cm do solo (STONE; SILVEIRA, 2001).

Oliveira et al. (2004) observaram redução do volume de poros na profundidade de 0-5 cm, em função do tráfego de máquinas, aliado à ausência de revolvimento do solo. Entretanto, Goedert, Schermack e Freitas (2002) não observaram compactação do solo em áreas submetidas a semeadura direta após um longo período e indicaram que um adequado manejo do solo pode minimizar ou mesmo eliminar os efeitos compactantes advindos do tráfego de máquinas e implementos na lavoura.

Stone e Silveira (2001) também afirmaram que o sistema de semeadura direta proporciona maiores valores de densidade e microporosidade, e menor porosidade total e macroporosidade. Afirmam também que a densidade do solo influenciou em diversos atributos do solo que regulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, como aeração, condutividade de água, calor, disponibilidade de nutrientes e resistência à penetração do solo.

Independentemente da espécie vegetal, a maximização da produção é alcançada quando há disponibilidade adequada de água, nutrientes e oxigênio, que é, direta ou indiretamente, influenciada pela estrutura do solo (SECCO et al.,

2005).

Apesar desse aumento na densidade do solo, Stone e Silveira (1999) indicam que com o tempo, sua densidade pode vir a diminuir, devido, em parte, ao aumento do conteúdo de matéria orgânica na camada superficial, favorecendo a melhoria da estrutura do solo. Os mesmos autores destacam, ainda, o fato de haver um balanço positivo entre porosidade de aeração e armazenamento de água no solo sob este sistema de manejo.

Em termos químicos, por causa da localização dos fertilizantes adicionados e das menores perdas por erosão, há maior acúmulo de nutrientes na superfície, especialmente de fósforo (RHEINHEIMER et al., 1998).

Também são alteradas as formas de fósforo existentes no solo, pois, segundo Rheinheimer et al. (1998), a percentagem de fósforo orgânico diminui no sistema de semeadura direta, por causa da localização das adubações fofafadas, especialmente na camada superficial do solo.

Quanto ao controle de plantas daninhas, o sistema de semeadura direta, no qual a semente e o adubo são colocados diretamente no solo não revolvido, pode favorecer o desenvolvimento e a sobrevivência de algumas plantas, necessitando o uso de herbicidas (SILVEIRA et al., 2001).

2.4 SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS

A rotação de culturas contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas (CARVALHO et al., 2004). Por outro lado, a sucessão de culturas determina, com o tempo, queda na produtividade por alterações nas características do solo e surgimento de condições do ambiente propícias à multiplicação de pragas e patógenos (SILVEIRA et al., 2001).

A rotação de culturas, pela inclusão de espécies com sistema radicular agressivo e pelos aportes diferenciados de matéria seca, pode alterar as propriedades físicas do solo, levando a alterações de acordo com o período de cultivo, do número de cultivos por ano e das espécies cultivadas (STONE; SILVEIRA, 2001).

Os mesmos autores indicam, assim, a rotação de culturas como uma estratégia para amenizar os efeitos da compactação e o cultivo de espécies com

sistema radicular vigoroso, as quais estabelecem canais que favorecem o desenvolvimento de raízes da cultura subsequente.

Mitchell et al. (1991), revisando os resultados dos três experimentos mais antigos dos Estados Unidos, todos com mais de cem anos, concluíram que a rotação de culturas e a recuperação do teor de N do solo pela utilização de leguminosas foram as estratégias mais eficientes para atingir uma produção sustentável (AMADO; MIELNICZUK; FERNANDES., 2000).

3 ARTIGO A

**DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE NEMATOIDES EM CINCO SISTEMAS DE
MANEJO DO SOLO, SOB ROTAÇÃO DE CULTURAS OU SUCESSÃO
SOJA/TRIGO.**

DIVERSIDADE TAXONÔMICA DE NEMATOIDES EM CINCO SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO, SOB ROTAÇÃO DE CULTURAS OU SUCESSÃO SOJA/TRIGO.

Resumo

Os nematoides são os metazoários mais abundantes no planeta e se desenvolvem nos mais variados ecossistemas, em água doce, água salgada ou no solo. Nematoides edáficos desempenham importantes papéis nos processos ecológicos do solo e são sensíveis à intervenção humana e às práticas agrícolas, podendo-se utilizá-los como indicadores biológicos. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de sistemas de culturas e manejo do solo sobre a diversidade de comunidades de nematoides e estabelecer níveis de impacto das práticas agrícolas adotadas. Para tanto, foram feitas coletas de solo em áreas submetidas a dois sistemas de culturas (sucessão soja/trigo e rotação de culturas) e cinco sistemas de manejo do solo (semeadura direta, preparo convencional com arado de discos, grade pesada, cruzador e semeadura direta com cruzador a cada três anos), em um experimento de longa duração pertencente à área experimental da Embrapa Soja, Londrina-PR. O delineamento escolhido foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (2 x 5) +1, com quatro repetições, sendo foi avaliada uma área de vegetação nativa, como referência de equilíbrio ecológico.. As coletas de solo foram realizadas no ano de 2011, coletando-se a cada 10cm até 30cm de profundidade, com posterior extração dos nematoides em peneiras consecutivas e clarificação pelo método de flotação centrífuga em solução de sacarose. Após contagem e identificação dos nematoides em nível de gênero, as comunidades foram caracterizadas quanto às suas abundâncias (total e relativa) e diversidade (número de gêneros, H', J', SR e Ds). Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância a fim de se identificar os efeitos dos sistemas de culturas e de manejo (isoladamente ou em conjunto) sobre a comunidade de nematoides. As maiores abundâncias ocorreram na camada superficial do solo, formando-se um gradiente inversamente proporcional à profundidade. As maiores diversidades foram observadas na floresta e, entre as parcelas agrícolas, nas áreas sob sistema de rotação de culturas, em comparação à sucessão soja/trigo. Entre os manejos do solo, as maiores diversidades ocorreram nas áreas com menor revolvimento do solo (sistema de semeadura direta e uso de cruzador, de forma isolada ou conjunta) e a maior dominância foi observada nas áreas manejadas com arado de discos, principalmente em sucessão soja/trigo. Nematoides da família Criconematidae mostraram-se eficientes em diferenciar sistemas agrícolas de nativos e a família Dorylaimidae possibilitou a diferenciação entre rotação e sucessão de culturas.

Palavras-chave: Biodiversidade de solos. Comunidades de nematoides. Criconematidae. Dorylaimidae. Nematoides de vida livre. Nematoides parasitas de plantas.

Abstract

Nematodes are the most abundant metazoans on the planet and develop in various ecosystems, including freshwater, marine water or soil. Edaphic nematodes play important roles in soil and ecological processes and are sensitive to human intervention and agricultural practices, and can be useful as biological indicators. Thus, this study aimed to evaluate the effects of cropping and soil management systems on nematode diversity in communities and to establish impact levels of the agricultural practices adopted. For this purpose, soil samples were taken in areas subjected to two cropping systems (succession soybean/wheat and crop rotation) and five systems of soil management (no-tillage, conventional tillage with disk plow, grade heavy cruiser and no-tillage with cruiser every three years), belonging to a long-term experiment at the experimental area of Embrapa Soja, Londrina-PR. The chosen design was a randomized block in a factorial (2 x 5) + 1, with four replications. Were also analyzed an area of native vegetation (forest) as a reference for ecological balance. The soil samples were taken in 2011, collecting every 0.10 m in depth from 0.0 to 0.30 m, with subsequent extraction of nematodes in consecutive sieves and clarification by centrifugal flotation in sucrose solution. After counting and identification of nematodes in the genus level, communities were characterized according to their abundances (total and relative) and diversity (number of genera, H', J', SR and DS). The data were submitted to ANOVA and Tukey test at 5% significance level in order to identify the effects of cropping systems and management (alone or jointly) on the nematode communities. The highest abundances occurred in the topsoil, forming a gradient inversely proportional to depth. The largest diversity occurred in the forest and, between crop plots, in areas under crop rotation system, compared to the succession soybean/wheat. Among the soil management systems, the highest diversity occurred in areas with reduced soil tillage (no-tillage and use of cruiser, either alone or jointly) and greater dominance was observed in areas managed with plow discs, especially in succession soybean/wheat. Nematode of family Criconematidae was efficient in differentiating agricultural systems to native ecosystems and the family Dorylaimidae was efficient to show differences between crop rotation and crop succession.

Key-words: Criconematidae. Dorylaimidae. Free-living nematodes. Nematode communities. Plant-parasitic nematodes. Soil biodiversity

INTRODUÇÃO

Os solos agrícolas funcionam como um sistema que retém e transmite água, ar, nutrientes e calor às sementes e plantas (TORMENA et al., 2002) e seu manejo tem como objetivo oferecer melhorias em suas propriedades químicas, físicas e biológicas, visando aumentar seu potencial produtivo (CARVALHO et al., 2004) e criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas (TAVARES FILHO et al., 2001).

Entretanto, com o manejo dos solos ocorrem modificações

qualitativas e quantitativas, sendo as propriedades físicas as mais afetadas (CENTURION; CARDOSO; NATALE, 2001). A conversão de ecossistemas naturais em agrícolas afeta as características físico-hídricas do solo e o crescimento de raízes (STONE; SILVEIRA, 2001), as taxas de adição e decomposição de matéria orgânica (ZINN; LAL; RESCK, 2005), as transformações microbianas, bem como suas reações químicas (CASTRO et al., 1993), os estoques de carbono orgânico (RANGEL; SILVA, 2007) e a densidade e diversidade de organismos (LIMA; LIMA; BERBARA, 2006).

Os estudos relacionados à sustentabilidade da agricultura tem aumentado o interesse no uso dos organismos da fauna do solo como bioindicadores de qualidade de solos (LINDEN et al., 1994). Entre estes organismos, destacam-se os nematoides, pois respondem com rapidez às mudanças no ambiente (BONGERS; FERRIS, 1999), são abundantes no solo (FRECKMAN; ETTEMA, 1993), possuem ampla distribuição (CURRY, 1994), englobam diferentes grupos tróficos (YEATES et al., 1993) e apresentam facilidades na extração e identificação, quando comparados a outros componentes da fauna do solo (NEHER, 2001).

Em ecossistemas agrícolas, a nematofauna compreende espécies introduzidas naturalmente ou pela ação humana e espécies nativas que sobreviveram ao manejo agrícola (YEATES; BONGERS, 1999), sendo a textura, a umidade do solo e a disponibilidade de alimentos fatores críticos na determinação da diversidade dessas comunidades (YEATES et al., 1993). O conhecimento da dinâmica das populações de nematoides em diferentes sistemas de uso e manejo do solo é importante na interpretação do impacto de sistemas agrícolas nos processos do solo e na sustentabilidade da agricultura (OU et al., 2005).

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de sistemas de culturas e manejo do solo sobre a diversidade de comunidades de nematoides e estabelecer níveis de impacto das práticas agrícolas adotadas.

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa Soja), localizado em Londrina - PR, Brasil, situado a 620 metros de altitude, 23°11' latitude Sul e 51°11' longitude Oeste, em Latossolo

Vermelho eutroférico. O clima da região é classificado como Cfa, segundo Köppen-Geinger e a vegetação nativa está inserida no domínio de Mata Atlântica, sendo classificada como Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 1992).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial $(2 \times 5) + 1$, com quatro repetições, envolvendo dois sistemas de culturas e cinco sistemas de manejo do solo e uma área de floresta utilizada como referencial ecológico.

Os sistemas agrícolas utilizados pertencem a um experimento de longa duração, instalados no ano de 1989, e constituídos de dois sistemas de culturas, a saber, áreas de sucessão soja (*Glycine max*) / trigo (*Triticum aestivum*) e rotação de culturas incluindo culturas de grãos [soja, milho (*Zea mays*) e trigo] e de cobertura e adubação verde [tremoço (*Lupinus albus*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e aveia preta (*Avena strigosa*)]. Os sistemas de manejo do solo de solo foram: (1) sistema de semeadura direta, (2) sistema de semeadura direta com utilização de cruzador a cada três anos, (3) preparo com cruzador anualmente, (4) preparo convencional do solo com arado de discos e (5) preparo convencional com grade pesada. As parcelas eram constituídas de 50m de comprimento por 8m de largura.

As amostragens foram realizadas logo após a colheita da soja, em março de 2011, com base em alterações na metodologia proposta por Anderson e Ingram (1993), coletando-se três subamostras de solo para cada condição a cada 10cm até a profundidade de 30cm, formando uma amostra composta de cerca de 1500cm³ em cada parcela experimental. As amostragens na área de floresta seguiram a mesma metodologia, coletando-se, aleatoriamente, em quatro pontos distantes pelo menos 50m.

Durante as amostragens, o solo foi mantido em baldes e, posteriormente, transferidos para sacos plásticos identificados e enviados ao laboratório de Fitopatologia do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, onde foram mantidas em geladeira a 4°C, até o processamento do mesmo.

Para extração dos nematoides, 100cm³ de solo foram suspensos em 2L de água e homogeneizados, com posterior passagem em peneiras de aberturas consecutivas de 0,84mm, 0,075mm e 0,025 mm, seguida da clarificação por meio do método de flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964) e

conservação em solução de formalina (formaldeído a 4%). Para determinar a abundância de nematoides nas amostras, o número total foi estimado pela contagem em câmara de Peters sob microscópio ótico, avaliando-se 1 mL da suspensão com os nematoides extraídos.

Após essa contagem, identificou-se, aleatoriamente, 200 indivíduos até o nível de gênero, de acordo com Goseco, Ferris e Ferris (1974a,b), Bongers (1987), Fortuner et al. (1988) e De Ley e Blaxter (2002). Após a identificação e contagem dos taxons, as comunidades de nematoides foram caracterizadas pelos seguintes parâmetros ecológicos: a. Abundância: abundância total (número total de nematoides em 100cm³ de solo) e abundância relativa (percentagem de cada gênero sobre a abundância total); b. Diversidade: número de gêneros, índice de Shannon-Weaver (H'), índice de equitatividade de Shannon-Weaver (J'), índice de riqueza de Margalef (SR) e índice de dominância de Simpson (Ds), como preconizado por Yeates e Bongers (1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para detectar diferenças significativas entre os sistemas de manejo do solo, os sistemas de culturas e as interações entre os sistemas de culturas e manejo do solo. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 33 gêneros distintos de nematoides, nem todos ocorrendo em todas as áreas e profundidades, pertencentes a 16 famílias distintas, a saber: Alaimidae, Aphelenchidae, Aphelenchoididae, Cephalobidae, Criconematidae, Dorylaimidae, Hoplolaimidae, Ironidae, Monhysteridae, Mononchidae, Nygolaimidae, Panagrolaimidae, Plectidae, Pristomatolaimidae, Rhabditidae, Tylenchidae. As tabelas 3.1, 3.2 e 3.3 apresentam as abundâncias relativas dos gêneros nas áreas agrícolas e de floresta.

Considerando-se os quatro gêneros dominantes em cada área, estes correspondem a mais de 50% da comunidade, independente da profundidade. O gênero *Helicotylenchus* foi dominante em todas as áreas avaliadas, com exceção da floresta abaixo de 10cm. Altas populações de nematoides do gênero *Helicotylenchus* já foram verificados em outros trabalhos desenvolvidos no Brasil (TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a; RODRIGUES et al., 2011), mesmo nas

comunidades em áreas de vegetação nativa (SANTIAGO et al., 2012).

Houve na floresta altas populações dos gêneros *Criconemoides* e *Discocrinemella* em todas as profundidades, *Acrobeles* (0-10cm), *Acrobeloides* (10-20cm) e *Plectus* (20-30cm). Já nos sistemas agrícolas, foi possível observar uma tendência de dominância de gêneros relacionada ao sistema de culturas empregado, principalmente nas áreas sob rotação. Na maioria dessas áreas, os gêneros *Alaimus*, *Aphelenchus* e *Prodorylaimus* foram dominantes até 10cm, *Cephalobus*, *Mesorhabditis*, *Panagrolaimus* e *Rhabditis* na camada de 10-20cm e *Acrobeloides* e *Chiloplacus* abaixo de 20cm.

A distribuição dos grupos dominantes de nematoides ao longo do perfil do solo é afetada pelo uso e manejo do solo (LIANG et al., 2005), devido a alterações em fatores como temperatura, umidade e porosidade do solo (GREET, 1978; NICHOLAS, 1975; YEATES, 1980) e alterações nos recursos alimentares (SOHLENIUS; SANDOR, 1987), o que acarreta dominância diferenciada de certos gêneros quanto às camadas do solo (LIANG et al., 2005). No presente trabalho, as áreas sob rotação de culturas foram dominadas por nematoides indicadores de enriquecimento, como *Acrobeloides*, *Cephalobus*, *Mesorhabditis* e *Rhabditis*.

Já nas áreas cultivadas em sucessão soja/trigo, essa tendência foi menos clara, mas a maioria das áreas foram dominadas pelos gêneros *Rabditis* e *Scutellonema* na camada de 0-10cm, *Cephalobus* e *Rhabditis* entre 10cm e 20cm e *Acrobeloides*, *Cephalobus* e *Mesorhabditis* após os 20cm de solo.

Considerando-se os gêneros que permitiram uma separação entre os ecossistemas estudados, *Criconemoides* e *Discocrinemella* possibilitaram diferenciar os sistemas agrícolas do sistema nativo (floresta) nas três profundidades estudadas. Esses gêneros foram exclusivos da floresta na camada de 0-10cm e mantiverm altas populações nas demais camadas, enquanto foram nulos ou em baixas populações em áreas agrícolas. A ocorrência de nematoides da família Criconematidae (gêneros *Discocrinemella* e *Criconemoides*) exclusivamente em floresta já foi observada por Tomazini, Ferraz e Monteiro (2008a), sendo que *Discocrinemella* foi o gênero com maior abundância até 30cm de profundidade.

Além disso, entre as parcelas agrícolas, nematoides dos gêneros *Chiloplachus* e *Monhystera* ocorreram nas áreas sob rotação de culturas e na floresta, na camada de 10-20cm de profundidade. Esses nematoides são relacionados com teores mais elevados de matéria orgânica, mas não com um

enriquecimento brusco. Dessa forma, há indícios de que a adoção de rotação de culturas favoreça uma matéria orgânica com qualidade diferenciada, devido à utilização de plantas com sistemas radiculares diferentes e que fornecem resíduos vegetais diferentes. Assim, alguns resíduos demoram mais para serem decompostos, principalmente no caso de gramíneas utilizadas como adubos verdes, como a aveia preta utilizada nessas áreas.

Tabela 3.1 – Abundância relativa (%) de gêneros de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta, na profundidade de 0-10cm.

Gênero	FI	SGp	SAd	SCr	SDiCr	SDi	RGp	RAd	RCr	RDiCr	RDi
Parasitas de plantas											
<i>Criconemoides</i>	20,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Discocrinemella</i>	20,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicotylenchus</i>	11,5	54,5	41,1	32,8	20	37,9	39,9	42,8	12,4	20,5	33,6
<i>Pratylenchus</i>	-	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>Psilenchus</i>	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rotylenchulus</i>	-	-	7,3	-	0,6	1,8	-	25	24,4	8,8	3,4
<i>Scutellonema</i>	2,0	1,0	14,1	17,2	-	2,2	0,6	-	2,3	0,9	9,8
Bacteriófagos											
<i>Acrobeles</i>	10,4	4,5	3,4	2,1	0,5	2,6	5,3	4,0	2,7	1,6	1,6
<i>Acrobeloides</i>	1,4	-	-	1,8	9,3	-	1,9	0,2	2,4	2,8	2,3
<i>Alaimus</i>	-	-	6,5	12,3	2,8	3,7	-	0,9	9,0	14	2,5
<i>Cephalobus</i>	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6
<i>Mesorhabditis</i>	2,9	1,7	2,3	4,3	6,6	2,9	2,5	2,2	3,6	2,2	3,1
<i>Monhystera</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	3,0	-
<i>Panagrolaimus</i>	5,0	0,8	3,0	3,2	16,6	4,4	10,5	2,1	2,1	5,8	1,1
<i>Plectus</i>	-	1,3	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prismatolaimus</i>	0,4	-	-	1,2	1,1	2,2	-	6,2	4,2	2,5	2,8
<i>Rhabditis</i>	1,8	0,8	7,2	7,9	22,5	28,3	6,8	1,8	-	-	2,6
Fungívoros											
<i>Aphelenchoides</i>	2,3	0,4	0,7	2,5	0,7	-	2,1	1,1	2,1	3,8	5,6
<i>Aphelenchus</i>	3,7	7,8	2,7	3,4	2,4	2,2	4,9	4,7	4,3	4,9	15,7
<i>Tylenchus</i>	0,9	1,2	0,5	0,4	0,3	0,7	1,3	0,1	1,1	2,7	2,9
Carnívoros											
<i>Ironus</i>	1,6	-	-	-	1,8	-	1,0	-	1,5	0,1	3,7
<i>Mononchus</i>	-	0,9	3,8	-	-	-	-	-	0,5	-	-
<i>Mychonchus</i>	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nygolaimus</i>	-	1,5	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-
<i>Prionchulus</i>	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Onívoros											
<i>Dorylaimellus</i>	1,3	0,9	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudorylaimus</i>	1,5	-	-	4,1	5,0	5,6	2,2	0,3	1,9	5,5	-
<i>Labronema</i>	4,3	1,0	-	3,1	1,9	-	3,2	4,0	4,3	3,6	2,1
<i>Mesodorylaimus</i>	-	-	-	-	-	-	14,2	2,1	17,6	3,5	-
<i>Prodorylaimus</i>	1,0	1,3	4,6	1,5	7,9	4,6	3,6	2,5	3,6	11,7	5,3
<i>Pungentus</i>	-	-	-	1,4	-	-	-	-	-	2,1	-

FI: floresta; S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Tabela 3.2 – Abundância relativa (%) de gêneros de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta, na profundidade de 10-20cm.

Gênero	FI	SGp	SAd	SCr	SDiCr	SDi	RGp	RAd	RCr	RDiCr	RDi
Parasitas de plantas											
<i>Criconemoides</i>	12,8	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Discocrinemella</i>	23,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicotylenchus</i>	5,7	31,4	33,2	32,3	44	46,9	43,7	38,8	40,6	38,7	35,2
<i>Hoplolaimus</i>	-	-	-	-	-	0,5	0,4	-	0,4	-	2,0
<i>Pratylenchus</i>	-	-	-	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-
<i>Psilenchus</i>	-	-	-	-	-	-	1,2	0,9	-	0,2	-
<i>Rotylenchulus</i>	1,0	4,9	6,4	7,9	5,1	2,1	1,5	3,9	1,2	-	0,7
<i>Scutellonema</i>	0,2	0,2	7,9	4,1	1,3	2,5	-	0,6	1,9	3,5	2,6
Bacteriófagos											
<i>Acrobeles</i>	0,7	0,8	0,5	0,2	0,8	1,0	1,2	2,2	1,0	2,3	1,5
<i>Acrobelloides</i>	16,2	4,7	1,3	1,5	0,5	1,2	3,9	2,5	0,9	1,6	3,3
<i>Alaimus</i>	1,9	3,3	1,4	3,4	5,9	6,2	2,1	1,8	1,9	5,0	4,1
<i>Cephalobus</i>	10	10,3	11,2	13	13,1	6,9	8,2	7,2	6,9	6,7	7,8
<i>Chiloplacus</i>	0,9	-	-	-	-	0,1	1,5	1,4	0,5	-	-
<i>Mesorhabditis</i>	-	1,8	4,2	8,9	3,2	4,0	8,4	7,2	10,2	6,4	9,9
<i>Monhystera</i>	0,1	3,0	-	-	-	-	3,9	2,9	-	1,5	1,7
<i>Panagrolaimus</i>	2,9	1,7	2,3	4,3	3,3	7,1	3,6	9,3	6,2	7,6	7,8
<i>Plectus</i>	2,1	5,7	4,5	5,3	7,7	5,3	4,1	5,6	8,3	4,3	5,5
<i>Prismatolaimus</i>	3,1	2,8	3,2	0,1	0,2	-	0,4	0,4	1,6	3,5	0,2
<i>Rhabditis</i>	2,7	11,9	7,5	2,3	5,0	4,1	5,2	6,5	5,4	8,8	11,4
Fungívoros											
<i>Aphelenchoides</i>	4,4	2,0	1,8	0,2	2,2	1,7	1,3	2,3	4,6	3,1	3,2
<i>Aphelenchus</i>	0,5	6,4	0,4	-	0,4	0,1	1,5	1,5	0,4	0,4	0,6
<i>Tylenchus</i>	2,4	3,2	4,7	13,1	5,0	5,5	2,8	1,1	3,4	2,8	2,1
Carnívoros											
<i>Ironus</i>	0,4	-	0,2	-	-	0,3	0,2	-	0,8	0,4	-
<i>Mononchus</i>	-	0,2	-	1,0	-	-	1,2	0,4	1,9	1,7	-
<i>Mychonchus</i>	2,6	-	-	-	0,3	4,5	-	-	-	-	-
<i>Nygolaimus</i>	0,1	-	-	0,1	1,1	-	0,2	1,0	0,3	-	-
<i>Prionchulus</i>	-	4,0	5,6	-	-	-	-	-	0,1	-	-
Onívoros											
<i>Dorylaimellus</i>	4,3	0,4	0,8	0,6	-	-	0,2	0,2	1,4	-	0,4
<i>Eudorylaimus</i>	0,2	-	0,8	0,6	0,1	-	-	0,2	-	0,1	-
<i>Labronema</i>	-	-	0,4	-	0,3	-	0,3	0,5	-	0,2	-
<i>Prodorylaimus</i>	0,9	1,3	1,0	0,8	-	-	3,0	1,6	-	1,2	-
<i>Pungentus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-

FI: floresta; S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Tabela 3.3 – Abundância relativa (%) de gêneros de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta, na profundidade de 20-30cm.

Gênero	FI	SGp	SAd	SCr	SDiCr	SDi	RGp	RAd	RCr	RDiCr	RDi
Parasitas de plantas											
<i>Criconemoides</i>	16,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6
<i>Discocrinemella</i>	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicotylenchus</i>	8,3	24,4	17,8	31,5	25	47,9	17,9	14,5	19,6	23,9	14,1
<i>Psilenchus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1,0	0,9
<i>Rotylenchulus</i>	4,3	-	19,7	12,5	5,7	10,3	3,0	8,6	8,4	4,0	10,9
<i>Scutellonema</i>	3,9	3,4	-	1,4	2,2	2,4	0,8	-	6,2	6,1	3,1
Bacteriófagos											
<i>Acrobeles</i>	5,4	0,6	0,6	-	0,4	0,5	0,1	1,9	2,5	1,2	0,8
<i>Acrobelloides</i>	3,6	8,7	13,1	6,4	7,9	4,3	5,5	11,2	9,6	7,1	14,3
<i>Alaimus</i>	1,3	2,2	1,6	2,5	0,3	1,7	2,9	-	-	0,3	0,6
<i>Cephalobus</i>	13	0,5	11,5	8,6	6,9	10,6	5,5	5,5	11,5	7,6	5,1
<i>Chiloplacus</i>	2,7	18,8	7,0	8,0	5,1	7,7	25,3	20,3	11,8	2,4	3,4
<i>Mesorhabditis</i>	0,6	12,2	8,7	5,1	18,1	-	10	11	4,2	19,4	6,3
<i>Monhystera</i>	-	-	-	-	0,5	0,2	-	-	-	-	-
<i>Panagrolaimus</i>	-	1,8	-	-	-	-	1,8	6,6	3,3	-	11,4
<i>Plectus</i>	9,4	-	-	-	0,3	-	4,4	-	-	-	-
<i>Prismatolaimus</i>	7,1	8,9	7,0	7,6	7,8	9,3	11,1	6,4	2,8	9,7	2,4
<i>Rhabditis</i>	-	11,9	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-
Fungívoros											
<i>Aphelenchoides</i>	0,2	0,8	0,4	-	1,9	1,2	-	2,9	0,7	8,2	6,5
<i>Aphelenchus</i>	1,7	-	0,7	1,3	0,8	0,8	2,2	0,2	0,5	-	-
<i>Tylenchus</i>	1,5	2,6	0,3	1,0	0,9	0,8	0,2	4,1	2,6	2,7	6,6
Carnívoros											
<i>Ironus</i>	0,1	1,8	0,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mononchus</i>	-	1,3	-	-	2,2	-	-	-	-	-	3,1
<i>Nygolaimus</i>	0,4	-	1,9	-	-	-	-	2,4	6,5	1,8	-
<i>Prionchulus</i>	-	-	8,8	10,2	13,7	1,0	9,3	1,8	6,7	4,6	6,6
Onívoros											
<i>Dorylaimellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,5	-	-
<i>Eudorylaimus</i>	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	1,3
<i>Labronema</i>	-	0,1	0,3	-	-	-	-	1,2	1,7	-	-
<i>Prodorylaimus</i>	-	-	-	-	0,3	1,6	-	-	-	-	-

FI: floresta; S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Nas áreas de rotação, também se observou altas populações do gênero *Prodorylaimus*, principalmente até 10cm de profundidade. Além disso, *Mesodorylaimus* e *Dorylaimellus* foram exclusivos das áreas de rotação nas camadas de 0-10cm e 20-30cm, respectivamente . A família Dorylaimidae tem sido

relatada como sensível a diversas práticas culturais e seus membros considerados indicadores de distúrbios ambientais (RODRIGUES et al., 2011), o que denota que a sucessão soja/trigo causou maiores distúrbios. Estes resultados indicam a possibilidade de utilização de nematoides dessa família para fins de monitoramento de impacto de práticas agrícolas.

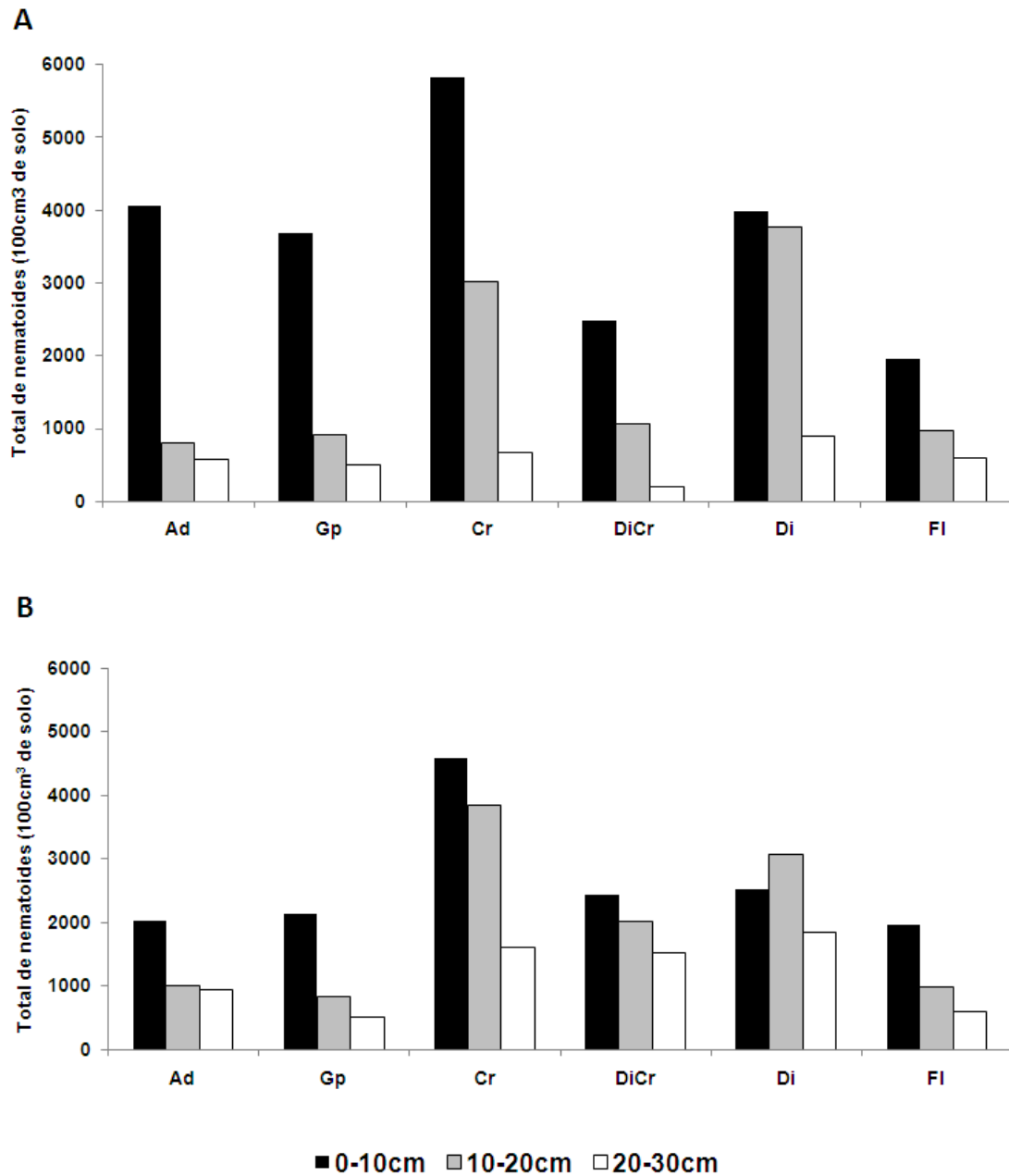
Houve uma redução do número total de nematoides (Figura 3.1) de acordo com a profundidade, com predominância de nematoides até 10cm, com exceção da área de semeadura direta em sistema de rotação de culturas, que apresentou o maior número de nematoides na profundidade entre 10 e 20cm. Maiores abundâncias de nematoides nas camadas superficiais do solo têm sido evidenciadas em diversos trabalhos recentes (LAZAROVA et al., 2004; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a; HOU et al., 2010; RODRIGUES et al., 2011).

Os decréscimos no total de nematoides de acordo com o aumento da profundidade observados neste estudo também foram relatados por Meng et al. (2006), que verificaram que mais de 70% dos nematoides se concentravam nos primeiros 20cm de solo. Hou et al. (2010) relataram uma dominância de 68% e 57% em áreas sem revolvimento do solo e em pousio, respectivamente, nos primeiros 15cm do solo. No Brasil, Tomazini, Ferraz e Monteiro (2008a) verificaram que, independente do sistema de uso do solo, os nematoides se acumulam até 15cm.

A área de floresta apresentou menores abundâncias que as parcelas sob cultivo agrícola nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm. Huang e Cares (1995) verificaram maior abundância de nematoides em áreas de culturas perenes e de vegetação nativa que em áreas de cultivo anual. Meng et al. (2006) encontraram maiores densidades de nematoides em áreas abandonadas quando comparadas a parcelas com culturas anuais ou arbóreas.

Por outro lado, diversos estudos têm demonstrado, como ocorrido neste trabalho, maior abundância de nematoides em áreas submetidas a cultivo agrícola, quando comparadas a áreas de vegetação nativa (YEATES; KING, 1997; MATTOS, 1999; VALOCKÁ; SABOVÀ; RENCO, 2001; GOULART; MONTEIRO; FERRAZ, 2003; CARES; ANDRADE, 2006; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a).

Figura 3.1 – Abundância total de nematoides (número de indivíduos em 100 cm³ de solo) em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.



Onde, A: Sucessão; B: Rotação; Ad: arado de discos; Gp: grade pesada; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Entre as parcelas agrícolas, houve influência (estatisticamente significativa) dos sistemas de manejo do solo e de culturas, de forma isolada na profundidade de 0-10cm, com maiores abundâncias nas áreas sob sucessão de culturas e nas áreas manejadas com o uso de cruzador. Considerando-se os sistemas de culturas, nessa profundidade, a maioria das áreas sob sucessão

soja/trigo apresentaram entre 4000 e 5000 nematoides/100cm³ de solo, enquanto a maioria das parcelas sob rotação apresentaram entre 2000 e 3000 nematoides/100cm³ de solo.

Na profundidade de 10-20cm as alterações ocorreram devido a efeitos dos sistemas de manejo e de culturas, de forma isolada e conjunta, havendo elevação do número de nematoides nas áreas sob semeadura direta em rotação e com uso do cruzador em sucessão de culturas. Assim, as áreas manejadas com arado de discos (independente do sistema de culturas) e a área manejada com a grade pesada em sucessão apresentaram uma diminuição no número total de nematoides, enquanto as demais áreas apresentaram um acréscimo.

Na profundidade de 20-30cm não foi possível observar efeitos significativos dos sistemas aplicados. Entretanto, a área de floresta apresentou uma maior abundância em relação às parcelas sob sucessão, com exceção da área de semeadura direta. Em relação às áreas sob rotação de culturas, apenas a área de manejo utilizando arado de discos apresentou uma abundância total inferior àquela da área de floresta. Foi possível se observar uma grande diferença entre os sistemas de culturas utilizados. As parcelas cultivadas em sucessão soja/trigo apresentaram redução, com exceção das áreas manejadas com cruzador ou em sistema de semeadura direta. Nas parcelas manejadas em sistema de rotação de culturas, houve um acréscimo, com exceção da área manejada com arado de discos.

É importante ressaltar ainda que nas camadas inferiores, houve uma tendência de homogeneidade das abundâncias, principalmente abaixo de 20cm de solo. Diferenças na abundância de nematoides entre sistemas agrícolas em profundidades maiores são menos drásticas (HOU et al., 2010) e podem ocorrer devido a fatores naturais do solo (OU et al., 2005), desenvolvimento e distribuição radicular (PEN-MOURATOV; HE; STEINBERGER, 2004), distúrbios antrópicos (YEATES; KING, 1997) e época de amostragem (LIANG; LAVIAN; STEINBERGER, 1999).

Entretanto, essa concentração de nematoides na superfície foi mais evidente nos sistemas agrícolas em sucessão soja/trigo quando comparados aos sistemas agrícolas em rotação de culturas e à floresta. Como a distribuição de nematoides no perfil é altamente dependente do carbono orgânico (FENG; MOTTA; REEVES, 2003; OU et al., 2005), isto pode ter ocorrido por incrementos nos teores

de matéria orgânica nesta camada, devido aos resíduos em decomposição dos adubos verdes (área de rotação) e outros resíduos (floresta).

Os sistemas de manejo do solo sem revolvimento e com uso de cruzador isoladamente ou em conjunto (Di, Cr e DiCr, respectivamente) apresentaram altas abundâncias até 20cm. Sabe-se que sistemas com redução no revolvimento do solo geralmente apresentam um maior número de nematoides (MENDOZA; FRANTI; DORAN, 2008), devido à sensibilidade desses organismos a distúrbios relacionados ao revolvimento do solo (WARDLE, 1995).

Quanto ao índice de diversidade de Shannon-Weaver (H' , Tabela 3.4), as parcelas agrícolas apresentaram, em todas as profundidades, menores valores para esse parâmetro em comparação à floresta, independente do sistema utilizado. Nas parcelas agrícolas, houve efeito dos sistemas de manejo, dos sistemas de culturas e interação entre esses fatores nas profundidades de 0-10cm e 20-30cm e efeito apenas da interação entre sistema de manejo e cultura na profundidade de 10-20cm.

Na profundidade de 0-10cm, a maior diversidade foi observada no sistema de rotação de culturas quando utilizavam o implemento cruzador isoladamente ou juntamente com a semeadura direta (ambos em rotação de culturas), e os menores valores ocorreram com o uso de arado de discos em sistema de sucessão de culturas. Em 10-20cm houve redução dos valores de H' quando se utilizou semeadura direta em sucessão de culturas. Já para 20-30cm, o sistema de semeadura direta em rotação de culturas foi o que apresentou os maiores valores.

Em relação ao índice de equitatividade de Shannon (J' , Tabela 3.5), a área de floresta apresentou os maiores valores até a profundidade de 20cm, em comparação às parcelas agrícolas. Entre as parcelas, houve efeito isolado do sistema de culturas e de manejo nas profundidades de 0-10cm e 20-30cm, dos sistemas de manejo e interação entre os fatores nas três profundidades.

Até 10cm os maiores valores para este parâmetro foram observados no sistema DiCr em rotação de culturas e os menores valores no sistema Ad em sucessão soja/trigo. Na profundidade de 10-20cm os maiores valores foram observados nos sistemas DiCr e Di em rotação e os menores valores no sistema DiCr em sucessão. Abaixo de 20cm os maiores valores de J' foram observados nos sistemas de rotação de culturas, havendo um efeito do manejo no sistema de semeadura direta em sucessão, com redução desse parâmetro.

Tabela 3.4 – Valores do Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.

0 - 10 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	1,438	Cb	1,912	ABa	2,046	Ab	2,048	Ab	1,782	Bb	1,845	b	
Rotação	1,978	Ca	1,648	Db	2,282	ABa	2,488	Aa	2,208	BCa	2,121	a	2,391
Média	1,708	C	1,779	C	2,164	A	2,268	A	1,995	B			

10 - 20 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	2,182	Aa	2,050	ABa	2,118	ABa	1,816	Ba	1,796	Ba	1,992	a	
Rotação	1,952	Aa	2,064	Aa	1,886	Aa	2,004	Aa	1,892	Aa	1,959	a	2,324
Média	2,067	A	2,057	A	2,002	A	1,910	A	1,844	A			

20 - 30 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	2,102	Ba	2,120	Ba	2,132	Ba	2,124	Ba	1,732	Ab	2,042	b	
Rotação	2,164	Ba	2,294	ABa	2,314	ABa	2,138	Ba	2,386	Aa	2,259	a	2,276
Média	2,133	AB	2,207	A	2,223	A	2,131	AB	2,059	B			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Tabela 3.5 – Índice de equitatividade de Shannon-Weaver (J') de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.

0 - 10 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	0,568	Cb	0,772	ABa	0,766	ABa	0,798	Ab	0,712	Ba	0,753	b	0,802
Rotação	0,754	BCa	0,694	Cb	0,818	ABa	0,872	Aa	0,776	Bb	0,783	a	
Média	0,661	D	0,733	C	0,792	AB	0,835	A	0,744	BC			
10 - 20 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	0,780	Aa	0,724	ABa	0,766	ABa	0,670	Bb	0,672	Ba	0,722	a	0,873
Rotação	0,680	Ab	0,706	Aa	0,690	Ab	0,748	Aa	0,742	Aa	0,713	a	
Média	0,730	A	0,715	A	0,728	A	0,709	A	0,707	A			
20 - 30 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	0,840	Aa	0,860	Aa	0,828	Aa	0,826	Aa	0,714	Bb	0,814	b	0,809
Rotação	0,848	Aa	0,870	Aa	0,856	Aa	0,844	Aa	0,886	Aa	0,601	a	
Média	0,844	A	0,865	A	0,842	A	0,835	AB	0,800	B			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Considerando-se o número de gêneros (Tabela 3.6), a floresta apresentou, nas três profundidades médias superiores àquelas apresentadas pelas parcelas agrícolas. Houve efeito isolado dos sistemas de culturas nas profundidades de 0-10cm e 20-30cm. Além disso, houve efeito isolado dos sistemas de manejo e interação entre os fatores nas três profundidades.

Até 10 cm os maiores valores foram observados nas áreas Cr, DiCr e Di sob rotação de culturas e os menores nas áreas Ad e Di em sucessão soja/trigo. Na profundidade 10-20cm, os maiores valores foram observados nos cinco sistemas de manejo sob sucessão e Gp em rotação e os menores valores observados nos sistemas DiCr e Di, ambos em rotação. Na maior profundidade, os maiores valores foram observados nos sistemas Ad e DiCr em sucessão e Cr e Di em rotação, ao

passo que os manejos Ad e DiCr em rotação foram os que apresentaram o menor número de gêneros de nematoides.

Quanto ao índice de riqueza de Margalef (SR, Tabela 3.7), a área de floresta apresentou valores superiores aos das parcelas agrícolas nas profundidades de 0-10cm e 20-30cm. Entre as parcelas agrícolas, houve efeito dos sistemas de culturas nas profundidades de 0-10cm e 20-30cm e efeito dos sistemas de manejo e interação entre os fatores nas três profundidades avaliadas.

Assim, na profundidade de 0-10cm, a maior riqueza foi observada nos sistemas que envolvem semeadura direta (DiCr e Di) em rotação de culturas e os menores valores no sistema de manejo com arado de discos em sucessão. Na profundidade de 10-20cm a maior riqueza foi observada nos sistemas Ad em sucessão e Ad e Gp em rotação, não sendo possível observar diferenças significativas entre os demais tratamentos. Na profundidade de 20-30cm os maiores valores foram observados no sistema Gp em rotação de culturas e os menores valores nos sistemas Gp e Cr em sucessão e DiCr em rotação.

Em relação ao índice dominância de Simpson (Ds, Tabela 3.8), as parcelas agrícolas apresentaram valores superiores à floresta em todas as profundidades. Entre as parcelas houve efeito dos sistemas de culturas, de manejo e interação entre os fatores nas profundidades de 0-10cm e 20-30cm e apenas efeito da interação entre os fatores na profundidade de 10-20cm.

Na profundidade de 0-10cm a maior dominância foi observada nas áreas sob sistema Ad em sucessão de culturas e a menor nas áreas sob os sistemas Cr, DiCr e Di em rotação de culturas. Na profundidade de 10-20cm a maior dominância foi observada nos sistemas em rotação de culturas e Di em sucessão e os menores valores no sistema Ad em sucessão soja/trigo. Já na profundidade de 20-30cm os maiores valores de Ds foram observados nas áreas DiCr em rotação e Di em sucessão e os menores valores nas áreas Cr e Di em rotação de culturas.

Tabela 3.6 – Número de gêneros de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.

0 - 10 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	12,6	Bb	10,8	Ba	14,4	Ab	13,2	ABb	12,2	Bb	12,8	b
Rotação	13,8	Ba	11,8	Ca	16,2	Aa	17,2	Aa	17,2	Aa	15,0	a
Média	13,2	C	11,3	B	15,3	A	15,2	A	14,7	A		19,8
10 - 20 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	16,4	Aa	16,8	Aa	15,8	Aa	15,0	Aa	14,4	Aa	15,7	a
Rotação	18,0	ABa	18,6	Aa	15,6	BCa	14,6	Ca	13,0	Ca	15,9	a
Média	17,2	A	17,7	A	15,7	AB	14,8	B	13,7	B		18,4
20 - 30 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	12,2	Aa	11,8	Ab	13,2	Ab	13,0	Aa	11,4	Ab	12,3	b
Rotação	12,8	Ba	14,0	ABa	15,0	Aa	12,6	Ba	14,8	Aa	13,8	a
Média	12,5	B	12,9	AB	14,1	A	12,8	AB	13,1	AB		13,6

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Alguns trabalhos relatam que os índices mensuradores da diversidade de comunidades podem ser pouco eficientes em diferenciar sistemas agrícolas, indicando o número e a riqueza de gêneros como ferramentas mais apropriadas (MATTOS, 1999; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a).

No presente trabalho, entretanto, todos os parâmetros possibilitaram a distinção entre os sistemas de culturas e manejo empregados, principalmente os índices H', J' e Ds, mais eficientes que o número ou a riqueza de gêneros (NG e SR, respectivamente). Adl, Coleman e Read (2006) também verificaram que índices, como de Shannon-Weaver foram mais eficientes em distinguir sistemas de manejo em comparação à utilização do número de gêneros ou outros grupos taxonômicos.

Tabela 3.7 – Índice de riqueza de Margaleff (SR) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.

0 - 10 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad	Gp		Cr		DiCr		Di					
Sucessão	1,290	Bb	1,258	Ba	1,522	Ab	1,626	Ab	1,510	Ab	1,441	b	2,441
Rotação	1,980	ABa	1,284	Ca	1,824	Ba	2,066	Aa	2,052	Aa	1,841	a	
Média	1,635	B	1,271	C	1,673	BC	1,846	A	1,781	AB			
10 - 20 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad	Gp		Cr		DiCr		Di					
Sucessão	2,362	Aa	2,252	Ab	1,806	Ba	1,968	ABa	1,598	Ba	1,997	a	1,868
Rotação	2,464	Aa	2,654	Aa	1,752	Ba	1,760	Ba	1,470	Ba	2,020	a	
Média	2,413	A	2,453	A	1,779	BC	1,864	B	1,534	C			
20 - 30 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad	Gp		Cr		DiCr		Di					
Sucessão	1,720	Ba	1,538	Bb	1,484	Bb	1,684	Ba	1,238	Ab	1,533	b	2,576
Rotação	1,710	Ba	1,960	Aa	1,680	Ba	1,508	Bb	1,688	Ba	1,709	a	
Média	1,715	A	1,749	A	1,582	AB	1,596	AB	1,463	B			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Neste estudo a floresta apresentou uma maior diversidade (H', J', SR e NG) e menor dominância (Ds) que as parcelas agrícolas. Apesar de áreas de vegetação nativa geralmente apresentarem uma maior diversidade das comunidades de nematoides (FRECKMAN; ETTEMA, 1993; HÁNEL, 1995; YEATES; KING, 1997; MATTOS, 1999; ANDRADE; HUANG; MIRANDA, 2004; CARES; ANDRADE, 2006; KORENKO; SCHMIDT, 2007), isso não deve ser encarado como uma regra, pois Li et al. (2007) encontrou um número superior de gêneros em áreas de plantação de chá, em comparação com áreas nativas de pastagens ou arbustos, na China.

Embora, Valocká, Sabovà e Renco (2001), em trabalho realizado na Eslováquia, tenham observado valores superiores para riqueza em áreas de cultivos anuais, em diversos trabalhos realizados no Brasil observou-se maior diversidade

nas áreas de vegetação nativa (MATTOS, 1999; ANDRADE; HUANG; MIRANDA, 2004; OU et al., 2005; CARES; ANDRADE, 2006; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a).

Tabela 3.8 – Índice de dominância de Simpson (Ds) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.

0 - 10 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	0,361	Aa	0,218	BCa	0,178	CDa	0,151	Da	0,246	Ba	0,234	a	0,130
Rotação	0,208	ABb	0,264	Aa	0,142	Ca	0,108	Ca	0,172	BCb	0,178	b	
Média	0,284	A	0,241	AB	0,159	C	0,129	C	0,209	B			
10 - 20 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	0,164	Bb	0,174	Ba	0,166	Ba	0,252	Aba	0,266	Aa	0,204	a	0,132
Rotação	0,260	Aa	0,202	Aa	0,206	Aa	0,200	Aa	0,204	Aa	0,214	a	
Média	0,212	A	0,188	A	0,186	A	0,226	A	0,235	A			
20 - 30 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	0,152	Ba	0,142	Ba	0,164	Ba	0,152	Ba	0,276	Aa	0,177	a	0,124
Rotação	0,144	ABa	0,128	ABa	0,112	Bb	0,156	Aa	0,114	Bb	0,131	b	
Média	0,148	B	0,135	B	0,138	B	0,154	B	0,195	A			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. S: sucessão; R: rotação; Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Em relação aos efeitos dos cultivos agrícolas, as áreas sob sistema de rotação de culturas apresentaram maior diversidade (H' , J' , NG e SR), principalmente quando utilizavam sistemas de manejo com pouco ou nenhum revolvimento do solo (Cr, DiCr e Cr).

O fato de sistemas convencionais de manejo do solo e sistema de semeadura direta terem apresentado uma diversidade semelhante foi verificado por Okada e Harada (2007) e indicaram que isso pode ocorrer porque o efeito do

manejo do solo pode ser mascarado por outros componentes, como flutuações sazonais dos nematoides e interações com outras práticas culturais. Além disso, Nakamura et al. (1988) indicaram que, embora o sistema de manejo do solo interfira no ecossistema para o desenvolvimento dos nematoides, causam menores danos diretos, quando considerados outros organismos da biota edáfica.

3.3 CONCLUSÕES

Os nematoides se concentram na camada superficial do solo, principalmente até 10cm, havendo um gradiente de distribuição inversamente proporcional à profundidade;

As parcelas agrícolas apresentam menor diversidade e maior dominância que a área de vegetação nativa;

O sistema de cultivo tem um maior impacto na diversidade das comunidades que os sistemas de manejo do solo, com maior diversidade nas áreas sob rotação de culturas;

Sistemas de manejo com redução do revolvimento do solo permitem o desenvolvimento de uma comunidade de nematoides mais diversa, enquanto a utilização de arado de discos aumenta a dominância de certos taxons;

Nematoides da família Criconematidae são eficientes em diferenciar sistemas agrícolas de sistemas nativos, sendo característicos de ecossistemas nativos e nematoides da família Dorylaimidae são eficientes em diferenciar sistemas de culturas, sendo característicos de áreas sob rotação de culturas.

4 ARTIGO B

ESTRUTURA TRÓFICA DE COMUNIDADES DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE MANEJO DE CULTURAS E DO SOLO E INFLUÊNCIA NA CADEIA TRÓFICA DO SOLO.

ESTRUTURA TRÓFICA DE COMUNIDADES DE NEMATOIDES EM SISTEMAS DE MANEJO DE CULTURAS E DO SOLO E INFLUÊNCIA NA CADEIA TRÓFICA DO SOLO.

Resumo

Os nematoides do solo podem ser classificados em diversos grupos quanto ao hábito alimentar, desempenhando diversos papéis no ecossistema do solo. Alterações nos atributos do solo, devido à adoção de sistemas agrícolas acarretam alterações em toda a estrutura trófica de organismos que vivem no solo. Assim, os nematoides têm sido utilizados como indicadores biológicos de distúrbios causados pelas mais variadas práticas agrícolas. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de sistemas de culturas e manejo do solo sobre a estrutura trófica de comunidades de nematoides e estabelecer níveis de impacto das práticas agrícolas adotadas sobre a cadeia trófica. Para tanto, foram feitas coletas de solo em áreas submetidas a dois sistemas de culturas (sucessão soja/trigo ou rotação de culturas) e cinco sistemas de manejo do solo (plantio direto, preparo convencional com arado de discos, grade pesada, cruzador e plantio direto com cruzador a cada três anos). Também foi avaliada uma área de floresta, como referência de equilíbrio ecológico. O delineamento escolhido foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (2 x 5) +1, com quatro repetições. As coletas foram realizadas no ano de 2011, coletando-se a cada 0,10m na profundidade de 0,0-0,30m, com pósterior extração em peneiras consecutivas e clarificação pelo método de flotação centrífuga em solução de sacarose. Após contagem e identificação dos gêneros, em laboratório, as comunidades de nematoides foram caracterizadas quanto à abundância de cada grupo trófico, quanto aos índices de distúrbio das comunidades (MI, MI2-5 e PPI) e em relação à cadeia trófica das mesmas (EI, SI e perfil faunal). Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância a fim de se identificar os efeitos dos sistemas de culturas e de manejo (isoladamente ou em conjunto). Além disso, as abundâncias das guildas de nematoides foram submetidas à Análise de Componentes Principais e Análise de Agrupamento em Dendrogramas a fim de verificar a similaridade entre os diferentes sistemas agrícolas. As comunidades foram dominadas por nematoides bacteriófagos e parasitas de plantas, com baixa ocorrência de nematoides carnívoros e onívoros. Os índices MI, MI2-5 e PPI diferenciaram os sistemas agrícolas na camada superficial, havendo maior maturidade em áreas sob rotação de culturas. As comunidades apresentaram alto índice de estrutura em todas as profundidades e alto índice de enriquecimento nas camadas de 0-10cm e 10-20cm, não sendo parâmetros adequados para verificar diferenças entre os sistemas adotados.

Palavras-chave: Enriquecimento. Guildas de nematoides. Perfil faunal. Preparo do solo. Rotação de culturas. Sucessão de culturas.

Abstract

Soil nematodes can be classified into several groups based on the trophic habits, taking on several roles in soil ecosystem. Changes in soil properties due to the adoption of agricultural systems lead to changes in all trophic structure of organisms that live in soil. Therefore, the nematodes have been used as biological indicators of disturbances caused by agricultural practices. Thus, this study aimed to evaluate the effects of cropping systems and soil management on the trophic structure of nematode communities and to establish impact levels of agricultural practices adopted on the soil food web. For this purpose, soil samples were taken in areas subjected to two cropping systems (succession soybean/wheat or crop rotation) and five soil management systems (no-tillage and conventional tillage with disk plow, grade heavy, cruiser and no-tillage with cruzier every three years). We also analyzed a forested area, as a reference for ecological balance. The chosen design was a randomized block in factorial $(2 \times 5) + 1$, with four replications. Samples were collected in 2010, collecting every 0.10 m in depth from 0.0 to 0.30 m, with subsequent extraction using consecutive sieves and clarification by centrifugal flotation in sucrose solution. After counting and identification of the genera in the laboratory, the nematode communities were characterized according to the abundance of each trophic group, and index of disturbance in communities (MI, MI2-5 and PPI) and to soil food web (EI, SI and faunal profile). Data were submitted to ANOVA and Tukey test at 5% significance level in order to identify the effects of cropping systems and soil management (by itself or combined). In addition, abundances of nematode guild was submitted to Principal Component Analysis and Cluster Analysis in order to verify similarities between agricultural systems. The communities were dominated by bacterial and plant-parasitic nematodes with low occurrence of carnivorous and omnivorous nematodes. The indices MI, MI2-5 and PPI differentiated agricultural systems in the surface layer, with greater maturity in areas under crop rotation. Communities showed high levels of structure at all soil depths and high enrichment in layers 0-10cm and 10-20cm and proved not being so good parameters to evaluate differences between the systems adopted.

Key-words: Enrichment. Nematode guilds. Faunal profile. Soil tillage system. Crop rotation. Crop succession.

INTRODUÇÃO

Os nematoides, quanto ao hábito alimentar, apresentam basicamente, cinco grupos tróficos: parasitas de plantas (se alimentam de plantas vasculares), bacteriófagos (têm fonte alimentar de origem protista), fungívoros (se alimentam de hifas de fungos), carnívoros (alimentam-se de invertebrados, incluindo outros nematoides) e onívoros - participam de mais de um grupo trófico, sendo restritos a nematoides da família Dorylaimidae (Yeates et al., 1993).

Esses organismos possuem importantes funções ecológicas, principalmente os nematoides parasitas de plantas e os microbiófagos (bacteriófagos

e fungívoros), desempenhando um papel como reguladores das taxas ou velocidades de transformações (WHITFORD et al., 1982), como a decomposição de matéria orgânica, a mineralização de nutrientes, a degradação de toxinas e a regulação da população de certos micro-organismos (BONGERS; FERRIS, 1999).

O grupo de nematoides carnívoros regula a mineralização de nutrientes alimentando-se de pequenos animais no solo, inclusive nematoides microbiófagos, constituindo, portanto, um grupo pelo qual os recursos passam para níveis tróficos superiores na cadeia alimentar (WARDLE; YAETES, 1993).

Necessitam se movimentar livremente através do filme de água para completar o ciclo de vida, sendo dependentes de fatores como a textura e a umidade do solo, assim como a disponibilidade de alimento conveniente (YEATES; BONGERS, 1999). Por isso são eficientes bioindicadores de alterações ocorridas nas condições do solo, como, por exemplo, as resultantes da substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas (YEATES; BONGERS, 1999; NEHER, 2001; CARES, 2006).

Dessa forma, torna-se importante o desenvolvimento de estudos para o conhecimento da estrutura de comunidades de nematoides em ambientes com vegetação natural e/ou submetidos à exploração agrícola (FRECKMAN; ETTEMA, 1993; NEHER; CAMPBELL, 1994; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de sistemas de culturas e manejo do solo sobre a estrutura trófica de comunidades de nematoides, bem como estabelecer alterações ocorridas na cadeia trófica em virtude das práticas agrícolas adotadas.

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa Soja), localizado em Londrina - PR, Brasil, situado a 620 metros de altitude, 23°11' latitude Sul e 51°11' longitude Oeste, em Latossolo Vermelho eutroférico. O clima da região é classificado como Cfa, segundo Köppen-Geinger e floresta está inserida no domínio de Mata Atlântica, sendo classificada como Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 1992).

A área de estudo utilizada faz parte de um experimento de longa

duração, estabelecido em 1989 e o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial $(2 \times 5) + 1$, com quatro repetições, envolvendo dois sistemas de culturas e cinco sistemas de manejo do solo e uma área de floresta (utilizada como referencial ecológico).

Os sistemas de culturas foram constituídos de áreas de sucessão soja (*Glycine max*) / trigo (*Triticum aestivum*) e rotação de culturas incluindo culturas de grãos [soja, milho (*Zea mays*) e trigo] e de cobertura e adubação verde [tremoço (*Lupinus albus*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e aveia preta (*Avena strigosa*)]. Os sistemas de preparo de solo foram: (1) sistema de semeadura direta, (2) sistema de semeadura direta com utilização de cruzador a cada três anos, (3) preparo com cruzador anualmente, (4) preparo convencional do solo com arado de disco e (5) preparo com grade pesada. As parcelas eram de 50m de comprimento por 8m de largura.

As amostragens foram realizadas logo após a colheita da soja, em março de 2011, com base em alterações na metodologia proposta por Anderson e Ingram (1993), coletando-se três subamostras de solo para cada condição a cada 10cm até a profundidade de 30cm, formando uma amostra composta de cerca de 1500cm³ em cada parcela experimental. As amostragens na área de floresta seguiram a mesma metodologia, coletando-se, aleatoriamente, em quatro pontos distantes pelo menos 50m.

Durante as amostragens, o solo foi mantido em baldes plásticos e transferido para sacos plásticos identificados e enviados ao laboratório de Fitopatologia do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, onde foram mantidas em geladeira a 4°C, até o processamento das amostras.

Para extração dos nematoides, 100cm³ de solo foram suspensos em 2L de água, com posterior passagem em peneiras de aberturas 0,84mm, 0,075mm e 0,025 mm, seguida da clarificação por meio do método de flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964) e conservação em solução de formalina (formaldeído a 4%). Para determinar a abundância de nematoides nas amostras, o número total foi estimado pela contagem em câmara de Peters sob microscópio ótico, avaliando-se 1 mL da solução com os nematoides extraídos.

Após essa contagem, identificou-se, aleatoriamente, 200 indivíduos até o nível de gênero, de acordo com Goseco, Ferris e Ferris (1974a,b), Bongers (1987), Fortuner et al. (1988) e De Ley e Blaxter (2002). Após a identificação e

contagem dos taxons, as comunidades de nematoides foram caracterizadas considerando os seguintes parâmetros: a. Estrutura trófica: distribuição relativa (%) dos grupos tróficos (classificados pelos hábitos alimentares com base na morfologia do estoma-esôfago); b. Índice de diversidade trófica (TD); c. Cadeia trófica: Índice de Estrutura (SI) e Índice de Enriquecimento (EI), de acordo com Ferris, Bongers e De Goede (2001). Pelo cruzamento dos índices de Enriquecimento e Estrutura, caracterizou-se o perfil faunal das áreas.

Realizou-se análises estatísticas univariada e multivariada. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para detectar diferenças significativas entre os tratamentos e interações entre os sistemas de cultivo e preparo do solo. O teste de Tukey a 5% de significância foi utilizado para avaliar os efeitos do preparo e das rotações, separadamente e em conjunto, sobre os índices de diversidade, maturidade ecológica e cadeia trófica das comunidades. Também utilizou-se análise estatística univariada nas abundâncias dos gêneros de nematoides a fim de se caracterizar grupos funcionais.

A análise exploratória multivariada, através de Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada com base nas abundâncias relativas das guildas funcionais, com posterior aplicação da análise de agrupamento em dendrogramas.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

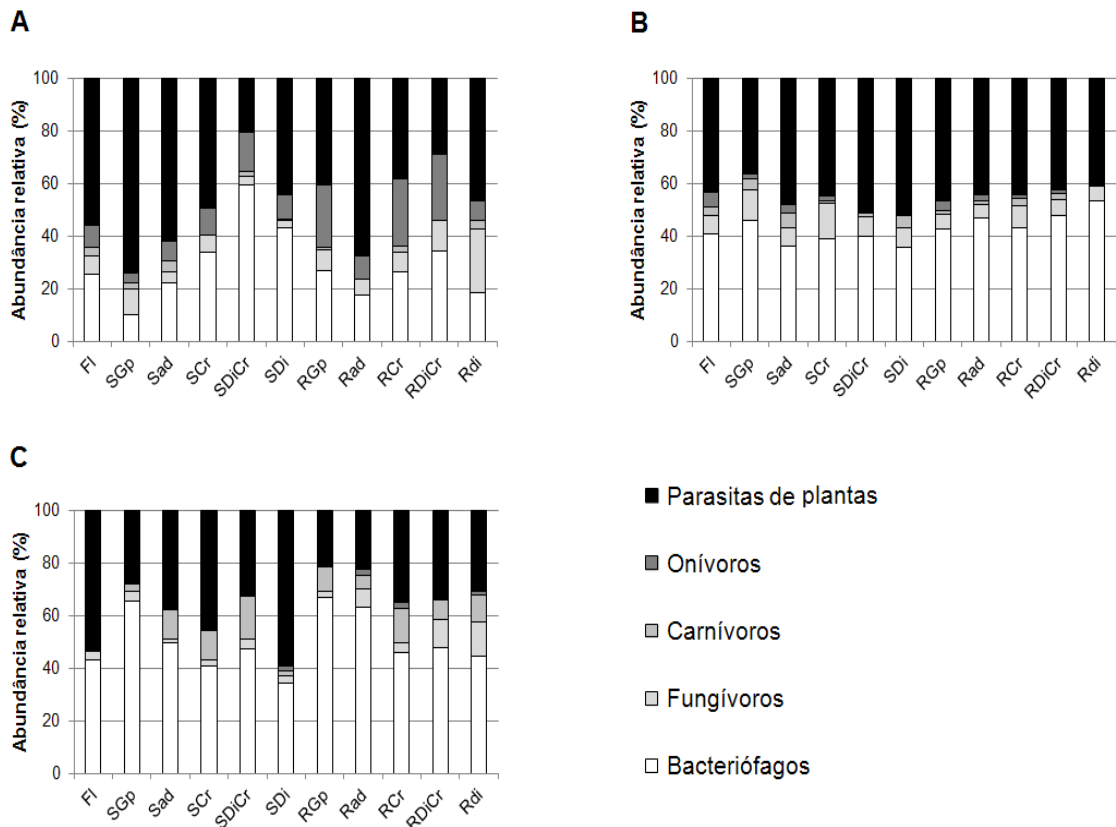
Independente da profundidade, as comunidades foram dominadas por nematoides parasitas de plantas e bacteriófagos, seguidos de nematoides fungívoros e, em menor proporção, nematoides carnívoros e onívoros (Figura 4.1). Entretanto, algumas diferenças quanto às profundidade ocorreram, com a dominância de parasitas na profundidade de 0-10cm e bacteriófagos nas camadas de 10-20cm e 20-30cm e a diminuição de nematoides fungívoros na camada de 20-30cm.

Nematoides bacteriófagos e/ou parasitas de plantas geralmente são dominantes em comunidades edáficas (OU et al., 2005). O cultivo agrícola tende a favorecer os nematoides parasitas de plantas, que se tornam mais abundantes diante da transformação de ecossistemas naturais em agroecossistemas (WASILEWSKA, 1997; YEATES, 1999; GOULART; FERRAZ, 2003). Porém,

Korenko e Schmidt (2007) observaram predominância de nematoides bacteriófagos em parcelas agrícolas em monocultivo de arroz ou rotação arroz/leguminosas, enquanto a área de vegetação nativa (pradaria) foi dominada por nematoides parasitas. Diversos outros trabalhos também têm demonstrado que populações de nematoides parasitas podem ser dominantes em ecossistemas naturais (YEATES; KING, 1997; VALOCKÁ; SABOVÀ; RENCO, 2001) ou dominar essas comunidades em determinadas épocas do ano (TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008b).

Dessa forma, a grande quantidade de nematoides parasitas observadas na floresta pode ser de ocorrência natural, além do fato de que grande parte desses nematoides são pertencentes aos gêneros *Criconemoides* e *Discocrinemella*, exclusivos da área de floresta e distribuídos por todo o perfil do solo. A distribuição do sistema radicular ao longo do perfil do solo, também, pode refletir na distribuição dos nematoides parasitas (VERSCHOOR et al., 2001), o que explica a alta quantidade desse grupo em todas as profundidades, na floresta.

Figura 4.1 – Estrutura trófica de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta. Onde, A: 0-10cm; B: 10-20cm; C: 20-30cm; S: sucessão; R: rotação Ad: arado de discos; Gp: grade pesada; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.



O grupo de bacteriófagos geralmente apresenta-se em altas populações, podendo dominar algumas comunidades, principalmente em algumas camadas do solo (TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008b), como observado no presente trabalho. Entretanto, em áreas de floresta isto tende a ocorrer em todas as camadas do solo, sendo que no presente trabalho só se observou esta dominância a partir de 10cm. Isso pode ser justificado pelo fato de que fragmentos florestais pequenos podem apresentar algumas respostas das comunidades semelhantes a áreas agrícolas (LOPEZ-FANDO; BELLO, 1995; SANTIAGO et al., 2012). Por outro lado, Pen-Mouratov, He e Steinberger (2004) e Meng et al. (2006) verificaram uma concentração de nematoides bacteriófagos até 10cm de profundidade.

Nematoides fungívoros tiveram um peso maior nas comunidades na camada de 0-10cm, principalmente nas áreas sob rotação de culturas. Este grupo de nematoides é favorecido em áreas que possuem resíduos ricos em celulose e com uma relação C/N mais elevada (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001; GEORGIEVA et al., 2005), que pode ter relação com essa concentração superficial em áreas com resíduos dos adubos verdes.

Entretanto, mesmo na floresta, onde ocorre deposição de folhas e outros resíduos, a população de fungívoros se manteve baixa em todas as profundidades, que pode ser explicado pelo fato de que nematoides fungívoros e bacteriófagos podem se correlacionar negativamente (WARDLE et al., 1999). Overstreet, Hoyt e Imbriani (2010) também relataram uma baixa ocorrência de nematoides fungívoros em diversos sistemas de manejo do solo.

Baixas populações de nematoides carnívoros e onívoros já foram relatadas em diversos trabalhos, principalmente em áreas submetidas ao cultivo agrícola (NEHER; CAMPBELL, 1994; GOULART; FERRAZ, 2003; TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008 a;b; RODRIGUES et al., 2011), por estarem relacionados à intervenção antrópica e pelas práticas agrícolas contínuas (GOMES; HUANG; CARES, 2003). Entretanto, no presente estudo, essas populações se mantiveram baixas inclusive na floresta, o que denota um distúrbio mesmo na floresta, pelo tamanho reduzido do fragmento.

Quanto à diversidade trófica (TD, Tabela 4.1), as parcelas agrícolas se assemelharam à floresta em todas as profundidades. Em relação às diferenças entre as parcelas agrícolas houve efeito do sistema de culturas até 20cm e efeito dos sistemas de manejo e interação entre os fatores em todas as profundidades.

Na camada de 0-10cm a maior diversidade trófica foi verificada na área manejada com arado de discos em sistema de sucessão de culturas. Os menores valores de diversidade trófica foram obtidos na área manejada com grade pesada em sucessão soja/trigo e nas áreas em rotação manejadas com arado de discos, cruzador e sistema de semeadura direta (isoladamente ou em conjunto). Na camada de 10-20cm os maiores valores foram observados nos manejos em sucessão e rotação em semadura direta e cruzador. Já de 20-30cm os maiores valores foram observados na sucessão manejada com DiCr e rotação manejadas com Cr ou Di, ao passo que os menores valores foram obtidos na área manejada com arado de discos em sucessão. Lenz e Eisenbeis (2000) verificaram que o índice de diversidade trófica nem sempre é usual para indicar distúrbios, pois muitas vezes áreas com diferentes níveis de distúrbio podem apresentar valores semelhantes.

Tabela 4.1 – Diversidade trófica (TD) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta.

0 - 10 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	1,766	Bb	2,248	Aa	2,624	Ab	2,356	Ab	2,544	Ab	2,307	b	2,549
Rotação	3,284	Aa	2,001	Ba	3,368	Aa	3,528	Aa	3,118	Aa	3,059	a	
Média	2,525	B	2,124	C	2,996	A	2,942	A	2,831	A			
10 - 20 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	2,752	Aa	2,652	Aa	2,568	Aa	2,356	Aa	2,358	Aa	2,564	a	2,671
Rotação	2,300	ABb	2,346	ABb	2,704	Aa	2,382	ABa	2,170	Ba	2,353	b	
Média	2,526	AB	2,499	AB	2,636	A	2,369	AB	2,264	B			
20 - 30 cm													
Cultura	Manejo										Média	Floresta	
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di				
Sucessão	1,946	Ca	2,472	ABa	2,572	ABa	2,784	Aa	2,112	BCb	2,377	a	2,113
Rotação	2,002	Ca	2,186	BCa	2,754	Aa	2,566	ABa	3,032	Aa	2,508	a	
Média	1,974	C	2,329	B	2,663	AB	2,675	A	2,572	AB			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Considerando-se os índices utilizados para mensurar o distúrbio nas áreas (Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4), a floresta apresentou valores mais elevados de MI e MI2-5 e menores valores de PPI apenas na profundidade de 10-20cm, embora a diferença em relação às parcelas agrícolas tenha sido pequena. Embora a floresta tenha apresentado altos valores de PPI em algumas profundidades isso não significa distúrbios, pois nessa área grande parte dos nematoides parasitas encontrados eram pertencentes à família Criconematidae, que têm se mostrado sensíveis a distúrbios (TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, 2008a).

Tabela 4.2 – Índice de Maturidade (MI) de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta.

0 - 10 cm													
Cultura	Manejo										Floresta		
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			Média	
Sucessão	0,564	Cb	1,011	Ba	1,232	ABb	1,504	Ab	1,086	Ba	1,079	b	1,059
Rotação	1,478	Ba	0,834	Ca	1,882	Aa	2,014	Aa	1,268	Ba	1,495	a	
Média	1,021	BC	0,922	C	1,557	A	1,759	A	1,177	B			
10 - 20 cm													
Cultura	Manejo										Floresta		
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			Média	
Sucessão	1,296	Aa	1,122	Aa	1,054	Aa	0,966	Aa	0,968	Aa	1,081	a	1,298
Rotação	1,022	Aa	0,988	Aa	1,030	Aa	1,082	Aa	0,952	Aa	1,015	a	
Média	1,159	A	1,055	A	1,042	A	1,024	A	0,960	A			
20 - 30 cm													
Cultura	Manejo										Floresta		
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			Média	
Sucessão	1,364	Aa	1,468	Aa	1,352	Aa	1,570	Aa	0,960	Aa	1,343	a	1,032
Rotação	1,778	Aa	1,564	Aa	1,506	Aa	1,336	Aa	1,444	Aa	1,536	a	
Média	1,571	A	1,516	A	1,456	A	1,453	A	1,202	A			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Tabela 4.3 – Índice de Maturidade modificado (MI2-5) de comunidades de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta.

0 - 10 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	0,522	Bb	0,876	ABa	1,022	Ab	1,048	Ab	0,731	ABb	0,839	b
Rotação	1,278	Ba	0,772	Ca	1,828	Aa	1,932	Aa	1,202	Ba	1,402	a
Média	0,901	B	0,824	B	1,425	A	1,491	A	0,965	B		0,951
10 - 20 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	1.142	Aa	0,982	Aa	0,896	Aa	0,852	Aa	0,818	Aa	0,786	a
Rotação	0,848	Aa	0,758	Aa	0,810	Aa	0,856	Aa	0,662	Aa	0,938	a
Média	0,995	A	0,870	AB	0,853	AB	0,854	AB	0,740	B		1,241
20 - 30 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	1,104	Aa	1,380	Aa	1,276	Aa	1,388	Aa	0,960	Aa	1,221	a
Rotação	1,658	Aa	1,388	Aa	1,486	Aa	1,144	Aa	1,268	Aa	1,389	a
Média	1,381	AB	1,384	A	1,381	A	1,266	A	1,114	A		1,038

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Tabela 4.4 – Índice de Parasitas de Plantas (PPI) de comunidades de nematoides edáficos em áreas submetidas a diferentes sistema de culturas e manejo do solo ou floresta.

0 - 10 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	2,288	Aa	1,758	Bb	1,351	Ca	0,622	Db	1,258	Ca	1,454	a
Rotação	1,218	BCb	2,038	Aa	1,716	BCa	0,908	Ca	1,414	Ba	1,351	a
Média	1,752	A	1,898	A	1,263	B	0,765	C	1,336	B		1,643
10 - 20 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	1,098	Bb	1,448	ABa	1,342	ABa	1,528	Aa	1,560	Aa	1,395	a
Rotação	1,392	Aa	1,320	Aa	1,324	Aa	1,272	Aa	1,218	Ab	1,305	a
Média	1,245	A	1,384	A	1,333	A	1,389	A	1,400	A		1,312
20 - 30 cm												
Cultura	Manejo										Média	Floresta
	Ad		Gp		Cr		DiCr		Di			
Sucessão	0,838	Ca	1,126	BCa	1,362	Ba	0,992	Ca	1,820	Aa	1,227	a
Rotação	0,652	Ba	0,696	ABb	1,044	Ab	1,044	Aa	0,940	ABb	0,875	b
Média	0,745	D	0,911	CD	1,203	AB	1,018	BC	1,380	A		1,596

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Gp: grade pesada; Ad: arado de discos; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta.

Quanto aos sistemas agrícolas, só foi possível observar diferenças significativas na profundidade de 0-10cm, com influência dos sistemas de cultivo, de manejo e da interação entre estes. Comparando-se os sistemas de cultivos, as áreas sob rotação de culturas apresentaram maiores valores de MI e MI2-5, e menores valores de PPI.

Os maiores valores de MI foram observados nas áreas que utilizaram o cruzador (isolado ou juntamente com o sistema de semeadura direta) em rotação e os menores valores nas áreas manejadas com arado de discos em sucessão. As áreas manejadas nos sistemas Cr e DiCr, ambas em rotação, apresentaram os maiores valores de MI2-5, com os valores mais baixos sendo obtidos nas áreas manejadas com arado de discos em sistema de sucessão

soja/trigo.

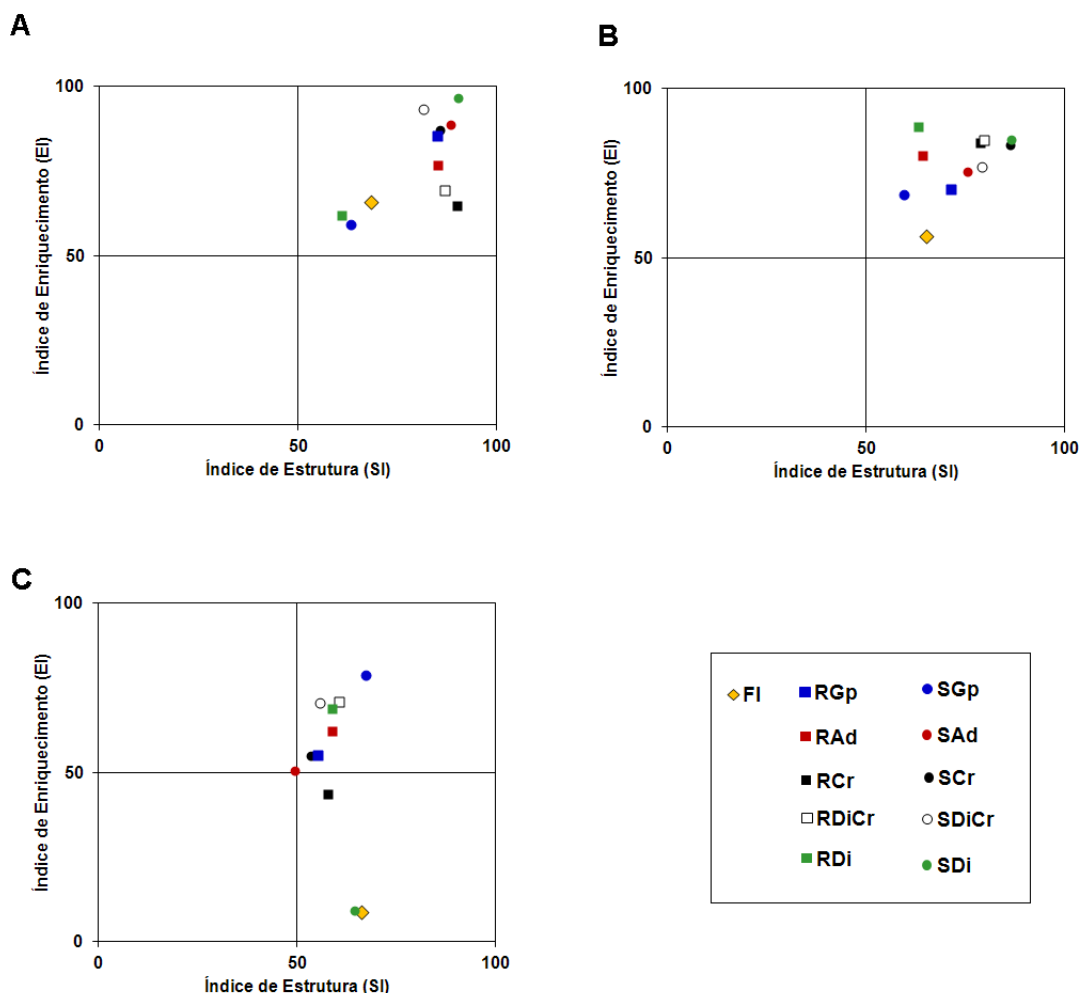
Menores valores de maturidade na área de arado de discos pode estar relacionados com o maior impacto desse implemento no solo, pois este não apenas corta o solo, como também incorpora os resíduos em profundidade, causando um efeito de esboroamento (FALLEIRO et al., 2003). Isso também pode explicar o fato da maior maturidade ser observada nas áreas que utilizam implementos que revolvem menos o solo ou não invertem a leiva e os resíduos culturais permanecem próximos à superfície.

O revolvimento do solo e a incorporação de resíduos vegetais causam distúrbios nas comunidades de nematoides, favorecendo aqueles grupos com ciclo de vida curto e baixos valores c-p, principalmente bacteriófagos (ETTEMA; BONGERS, 1993; LENZ; EISENBEIS, 2000). Isto reflete a condição de pouca estabilidade do ecossistema, sendo característicos de comunidades em sucessão (MANACHINI; CORSINI; BOCCHI, 2009). Okada e Harada (2007) observaram maior maturidade em comunidades de áreas submetidas ao cultivo sem revolvimento do solo, embora não tenham avaliado o efeito de diferentes implementos.

Em relação ao PPI, os maiores valores foram obtidos nas áreas manejadas com arado de discos em sistema de sucessão e com grade pesada em sistema de rotação, enquanto as áreas manejadas em sistema de semeadura direta com uso de cruzador em sucessão apresentaram os menores valores. Embora haja uma tendência deste índice ser inversamente proporcional ao MI (BONGERS; VAN DER MEULEN; KORTHALS, 1997), isto nem sempre acontece, assim o PPI pode não ser eficiente para detectar efeitos de sistemas de manejo do solo (OKADA; HARADA, 2007).

O perfil faunal (Figura 4.2), nas camadas de 0-10cm e 10-20cm de todos os ecossistemas mostraram uma cadeia trófica enriquecida (quadrante B). Na camada de 20-30cm a área de floresta e as parcelas agrícolas manejadas com cruzador em rotação e sistema de semadura direta em sucessão mostraram cadeias tróficas estruturadas (quadrante C) e os demais uma cadeia trófica enriquecida (quadrante B).

Figura 4.2 – Perfil faunal (EI X SI) de comunidades de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta. Onde, A: 0-10cm; B: 10-20cm; C: 20-30cm; R: rotação; S: sucessão; Ad: arado de discos; Gp: grade pesada; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta; FI: floresta.



Assim como neste trabalho, Minoshima et al. (2007) também observaram que o perfil faunal não foi eficiente para diferenciar sistemas de manejo do solo, embora tenha possibilitado a caracterização das cadeias tróficas nas áreas. Além disso, os altos valores de enriquecimento observados podem ser fruto da época de amostragem, no final do ciclo da cultura, quando haviam diversos resíduos em decomposição na superfície do solo.

É importante ressaltar ainda que o fato do perfil faunal não ter sido capaz de diferenciar os sistemas agrícolas pode estar relacionado com o fato de o presente trabalho ter sido desenvolvido em uma área experimental, onde todos os manejos são realizados com rigor e obedecendo as indicações. Assim, mesmo nas áreas sob sistema convencional de manejo dos solos o solo era preparado apenas

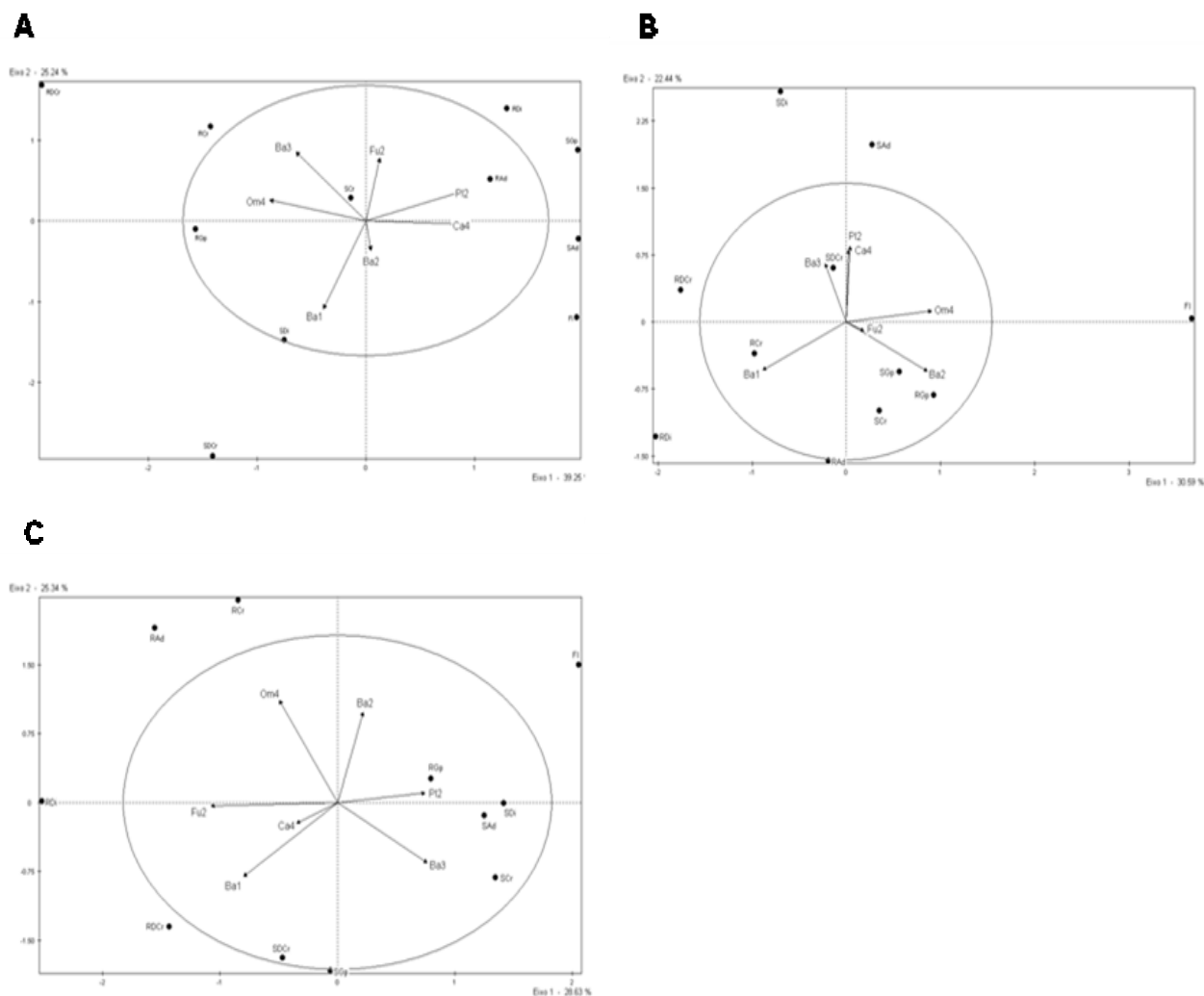
nas condições ideais de umidade e na frequência indicada. Provavelmente, ocorrem maiores diferenças entre os sistemas em áreas de exploração agrícola, onde nem sempre as condições durante o preparo do solo são as ideais para tanto.

A Análise de Componentes Principais (ACP) explica 64,49% da variabilidade dos dados na profundidade de 0-10cm (sendo 39,25% explicada pelo primeiro componente e 25,24% explicada pelo segundo componente), 53,03% na profundidade de 10-20cm (sendo 30,59% explicada pelo primeiro componente e 22,44% explicada pelo segundo componente) e 53,97% na profundidade de 20-30cm (sendo 28,63% explicada pelo primeiro componente e 25,34% explicada pelo segundo componente), como apresentado na Figura 4.3.

Na camada de 0-10cm (Figura 4.3, A) foi possível observar uma relação negativa entre as guildas Fu_2 e Ba_1 , o que pode ser justificado pelo fato de que nematoides bacteriófagos com valor c-p 1 são típicos de ambientes enriquecidos, onde ocorre a decomposição de resíduos com altos teores de nitrogênio, ao passo que nematoides fungívoros se relacionam com ambientes onde os resíduos em decomposição apresentam teores mais elevados de celulose e uma relação C/N mais elevada (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001).

Já as guildas Pl_2 e Ca_4 apresentaram uma relação positiva nessa profundidade. Embora essas guildas se relacionem com funções ecológicas totalmente diferentes nos solos, essa relação pode ter ocorrido devido às altas abundâncias de nematoides parasitas de plantas da família Criconematidae. Essa família tem sido considerada sensível a distúrbios ambientais e foram características da floresta. Da mesma forma, os nematoides carnívoros são tipicamente sensíveis a distúrbios, não se adaptando a áreas com um alto grau de intervenção humana. Portanto, nem sempre a análise apenas da guilda de nematoides é capaz de exprimir a real condição do ecossistema, sendo necessário uma análise mais criteriosa a certos níveis taxonômicos, como famílias ou gêneros.

Figura 4.3 – Análise de Componentes Principais (ACP) de guildas de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta. Onde, A: 0-10cm; B: 10-20cm; C: 20-30cm; R: rotação; S: sucessão; Ad: arado de discos; Gp: grade pesada; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta; Fl: floresta; Ba: bacteriófagos; Fu: fungívoros; Ca: carnívoros; Om: onívoros, Pl: parasitas de plantas.



Na camada de 10-20cm (Figura 4.3, B) observou-se novamente uma alta relação positiva entre as guildas Pl₂ e Ca₄, que pode ser explicada pelo mesmo motivo anteriormente citado, já que as abundâncias de nematoides parasitas de plantas da família Criconematidae era elevada na área de floresta. Além disso, foi observada uma relação negativa entre as guildas Ba₁ e Om₄. Isso é justificável pelo fato de que nematoides onívoros são altamente sensíveis a distúrbios ecológicos no meio, como o enriquecimento que favorece os nematoides bacteriófagos com valores c-p mais baixos.

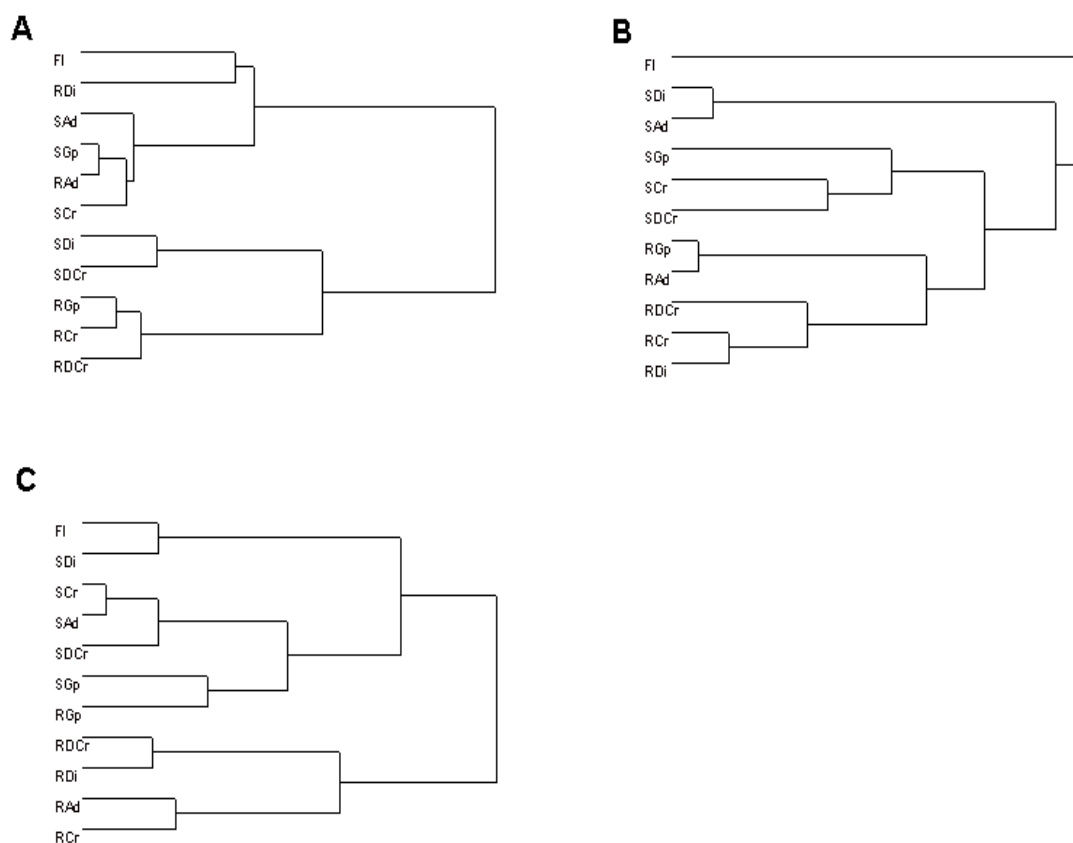
De 20-30cm de profundidade (Figura 4.3, C) não ocorreram relações

elevadas entre as guildas, o que pode indicar um ecossistema mais estável. Isso se justifica pelo fato de que ocorre uma homogeneidade do ecossistema em profundidades maiores, pois os sistemas radiculares dos cultivos agrícolas tendem a se concentrarem até 20cm no perfil do solo. Além disso, os implementos agrícolas utilizados nesse estudo agem até cerca de 15cm no perfil do solo.

Juntamente com a análise dos dendrogramas das guildas (Figura 4.4) as áreas foram agrupadas quanto aos sistemas de cultivo. Na profundidade de 0-10cm formou-se quatro grupos: floresta + RDi, SAd + SGp + RAd + SCr, SDi + SDiCr e RGp + RCr + RDiCr. Na profundidade de 10-20cm foram formados três grupos: floresta, cultivos em rotação e cultivos em sucessão soja/trigo. Na profundidade de 20-30cm foram formados três grupos: cultivos em rotação, cultivos em sucessão soja/trigo e floresta + SDi. Fica claro que os sistemas de cultivo têm um efeito maior sobre o desenvolvimento das guildas que os sistemas de manejo do solo. Os manejos sob rotação com eliminação ou redução do revolvimento do solo foram mais assemelhados à floresta, pela relação com as guildas de onívoros e carnívoros nas camadas de 0-10cm e 10-20cm.

Na camada de 20-30cm a área de floresta foi mais semelhante à parcela agrícola sob sistema de semeadura direta em sucessão de culturas, em função de ambas áreas apresentarem altas populações de nematoides parasitas de plantas com valor c-p 2 (PI2). Entretanto, como já comentado anteriormente, na floresta, grande parte dos nematoides dessa guilda eram dos gêneros *Discocrinemella* ou *Criconemoides*, que foram exclusivos da floresta e são sensíveis a distúrbios antrópicos. Por outro lado, os gêneros de nematoides da área de semeadura direta em sucessão eram característicos de parasitarem plantas e terem suas abundâncias afetadas em função da ocorrência de plantas hospedeiras.

Figura 4.4 – Análise de Agrupamento em dendrogramas de guildas de nematoides em áreas submetidas a diferentes sistemas de culturas e manejo do solo ou sob floresta. Onde, A: 0-10cm; B: 10-20cm; C: 20-30cm; R: rotação; S: sucessão; Ad: arado de discos; Gp: grade pesada; Cr: cruzador; Di: sistema de semeadura direta; FI: floresta.



Já as áreas sob rotação de culturas se agruparam por terem uma relação positiva com nematoides carnívoros e onívoros (sensíveis a distúrbios), nematoides bacteriófagos com valor c-p 2 (indicadores de enriquecimento) e por uma relação negativa com nematoides parasitas de plantas. Este fato ressalta o fato de que a adoção de um sistema mais diverso de cultivos pode aumentar o acúmulo de materiais em deconposição, sendo maior quanto mais rica for essa rotação. Além disso, tem sido demonstrado os efeitos de sistemas de rotação de culturas no controle de diversos nematoides parasitas de plantas (FERRAZ et al, 2010).

4.3 CONCLUSÕES

Os índices mensuradores de distúrbios nas comunidades permitem a diferenciação entre os sistemas utilizados apenas na camada superficial, onde os

sistemas de cultivo são mais claramente distintos que os sistemas de manejo dos solos, havendo maior maturidade em áreas sob rotação de culturas.

As comunidades apresentam alto índice de estrutura em todas as profundidades e alto índice de enriquecimento nas camadas de 0-10cm e 10-20cm, não sendo parâmetros adequados para verificar diferenças entre os sistemas utilizados, embora sejam eficientes na caracterização dos ecossistemas.

As comunidades estudadas são dominadas por nematoides bacteriófagos e parasitas de plantas, embora diferenças quanto ao papel dos gêneros ocorrentes devam ser considerados.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Os nematoides foram bons indicadores biológicos da qualidade do solo em ecossistemas subtropicais e permitiram a diferenciação entre os sistemas de cultivo e manejo do solo adotados, principalmente os índices de diversidade e a avaliação de gêneros.

Os efeitos dos sistemas de cultivo são maiores sobre a comunidade de nematoides quando comparados aos sistemas de manejo dos solos, evidenciando ecossistemas ecologicamente mais estáveis com os efeitos da adoção de rotação de culturas.

Sistemas de manejo dos solos que envolvem redução do revolvimento do solo ou da área revolvida de solo apresentam levam à ocorrência de comunidades de nematoides mais diversas e ecologicamente mais maduras.

Índices mensuradores de distúrbios são úteis em diferenciar ecossistemas agrícolas submetidos a diferentes sistemas de culturas e manejos do solo em superfície, nas camadas onde ocorre maior efeito do desenvolvimento das raízes e dos implementos utilizados.

Nematoides da família Criconematidae (*Criconemoides* e *Discocrinemella*) são úteis na diferenciação entre ecossistemas agrícolas e nativos e nematoides da família Dorylaimidae (*Dorylaimellus* e *Mesodorylaimus*) são eficientes em diferenciar sistemas de cultivos, sendo característicos de áreas sob sistema de rotação de culturas.

Os nematoides do solo se concentram superficialmente no solo, principalmente até os 10cm iniciais, ocorrendo diminuição progressiva ao longo do perfil do solo, ocorrendo diferenças em alguns gêneros específicos.

As comunidades de nematoides em áreas de floresta ou agrícolas em diferentes sistemas de culturas e manejo dos solos são dominadas por nematoides bacteriófagos e parasitas de plantas, havendo diferenças quanto aos gêneros relacionados a cada área.

A análise do perfil faunal é um bom parâmetro na caracterização de ecossistemas nativos e agrícolas, embora não sejam adequados para diferenciar sistemas de manejo do solo ou de culturas.

REFERÊNCIAS

ADL, S. M.; COLEMAN, D. C.; READ, B. Slow recovery of soil biodiversity in sandy loam soils of Georgia after 25 years of no-tillage management. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 114, p. 323–334, 2006.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fonte de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p. 179-189, 2000.

ANDERSON, R.R.; COLEMAN, D.C.; COLE, C.V.; ELLIOTT, E.T. Effect of the nematodes *Acrobeloides Iheritieri* on substrate utilization and nitrogen and phosphorus mineralization in soil. **Ecology**, v.62, n.3, p.549-555, 1981.

ANDERSON J.D.; INGRAM J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2 ed., Wallingford, UK CAB International. 171 p. 1993.

ANDRADE, E.P.; HUANG, S.P.; MIRANDA, C.H.B. Comunidade de nematóides em oito sistemas de uso da terra em Mato Grosso do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 186, 2004.

AGRIOS, G. N. Plant diseases caused by nematodes. In: AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5.ed., Oxford: Elsevier Academic Press. p. 826-874, 2005

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**, v.23, n.3, p. 66-75, 2007.

ATILANO, R.A.; MENGE, J.A.; VAN GUNDY, S.D. Interaction between *Meloidogyne arenaria* and *Glomus fasciculatus* in grape. **Journal of Nematology**, v.13. p.52-59, 1981.

AVERY, L.; THOMAS, J. H. Feeding and defecation. In: RIDDLE, D.L.; BLUMENTHAL, T; MEYER, B.J.; PREISS, J.R. **C. elegans II**. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, p. 679-716, 1997

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 641-649, 1998.

BARDGETT, R.D.; CHAN, K.F. Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake in montage grassland ecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, n.7, p. 1007-1014, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. **Ciência Rural**, v.28, n.1, p.23-28, 1998.

BAUDER, J.W.; RANDAL, G.W.; SWAN, J.B. Effect of four continuous tillage system on mechanical impedance of a clay loam soil. **Soil Science of Society of American Journal**, v.45, p. 802-806, 1981.

- BERNARD, E.C. Soil nematode biodiversity. **Biology and Fertility Soils**, v.14. p. 99-103, 1992.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Science Agriculture**, v.58, p.555-560, 2001.
- BLANCO, H. C.; BLANCO, F. M. G. Efeito do manejo do solo na emergência de plantas daninhas anuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.2, p. 215-220, 1991.
- BLAXTER, M.L. *Caenorhabditis elegans* is a nematode. **Science**, v.282, n.5396, p. 2041-2046, 1998.
- BONGERS, T. De nematodden van Nederland. **Pirola Schoorl**, Naturhist. Biblioth. KNW, 408 p. 1987.
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, v.83. p. 14-19, 1990.
- BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, v.10, p. 239-251, 1998.
- BONGERS, T.; DE GOEDE, R.G.M.; KORTHALS, G.W.; YEATES, G.W. Proposed changes of c-p classification for nematodes. **Russian Journal of Nematology**, v.3, p. 61-62, 1995.
- BONGERS, T.; VAN DER MEULEN, H.; KORTHALS, G. Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasitic index under enriched nutrient conditions. **Applied Soil Ecology**, v.6. p. 195–199, 1997
- BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology and Evolution**, v.4, n.6, 1999.
- BOUWMAN, L. A.; ZWART, K. B.; The ecology of bacterivorous protozoans and nematodes in arable soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.51, n.2, p. 145-160, 1994
- CARES, J. E.; ANDRADE, E.P. Effects of the land-use systems on the abundance and diversity of nematode community in the region of Upper Solimões River. **Nematologia Brasileira**, v.30, p. 113-114, 2006.
- CARES, J. E. Nematoides como indicadores ambientais de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 26., 2006, Campos dos Goytacazes. **Anais...** Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p.14-16, 2006.
- CARES, J. E.; HUANG, S.P. Comunidades de nematoides de solo sob diferentes sistemas na Amazônia e Cerrados Brasileiros. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Editora UFLA, p. 409-444, 2008a.

- CARES, J.E.; HUANG, S.P. Soil nematodes. In: MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E.J.; BRIGNALL, D.E. **A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of Bellow-ground biodiversity**. London: Earthscan, p. 97-106, 2008b.
- CARVALHO, M.A.C.; ATHAYDE, M.L.F.; SORATTO, R.P.; ALVES, M.C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p. 1141-1148, 2004.
- CASTRO, O.M.; PRADO, H.; SEVERO, A.C.R., CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da atividade de microorganismos do solo em diferentes sistemas de manejo de soja. **Scientia Agricola**, v.50, n.2, p. 212-219, 1993.
- CENTURION, J.F.; DAMATTÊ, J.L.I. Sistemas de preparo de solos de Cerrado: efeitos nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.2, p. 315-324, 1992.
- CENTURION, J.F.; CARDOSO, J.P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p. 254-258, 2001.
- CHEN, J.; FERRIS, H. Effects of nematode grazing on nitrogen mineralization during fungal decomposition of organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, n.9, p.1265-1279, 1999.
- COLEMAN, D.C.; EDWARDS, A.L.; BELSKY, A.J.; MWONGA, S. The distribution and abundance of soil nematodes in East African savannas. **Biology and Fertility Soils**, v.12. p. 67-72, 1991.
- CORRECHEL, V.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Influência da posição relativa à linha de cultivo sobre a densidade do solo em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 1655-173, 1999.
- CURRY, J. P. **Grassland invertebrates. Ecology, influence of soil fertility and effects on plants growth**. London: Chapman & Hall, 437p. 1994.
- DE GOEDE, R.G.M.; VAN DIJK, T.S. Establishment of carabid beetle and nematode populations in a nature restoration project after the abandonment on arable land. **Applied Soil Ecology**, v.9, p. 355-360, 1998.
- DE LEY, P.; BLAXTER, M. Systematic position and phylogeny. In: LEE, D.L. **The Biology of nematodes**. Taylor & Francis. p. 1-30. 2002.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 703-709, 1999.
- DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. Soil health and sustainability. In: SPARKS, D.L. (Org.) **Advances in Agronomy**. San Diego: Academic Press, p. 1-54, 1996.

DUTRA, M.R.; CAMPOS, V.P. Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incógnita* em feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p. 608-614, 2003.

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

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades físicas e químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 1097-1104, 2003.

FENG, Y.; MOTTA, A. C.; REEVES, D. W. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, n.12, p. 1693 – 1703, 2003.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C.R. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: Editora UFV. 304 p., 2010.

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.; LAU, S.; VENETTE, R. Population energetic of bacterial-feeding nematodes: respiration and metabolic rates based on carbon dioxide production. **Soil Biology and Biochemistry**, v.27, p. 319-330, 1995.

FERRIS, H.; VENETTE, R.C.; VAN DER MEULEN, H.R.; LAU, S.S. Nitrogen mineralization by bacterial-feeding nematodes: verification and measurement. **Plant and Soil**, v.203, n.2, p.159-171, 1998.

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.

FORTUNER, R.; GERAERT, E.; LUC, M.; MAGGENTI, A.R.; RASKI, D.J. A reappraisal of *Tylenchina* (Nemata). **Extraction of Reeve of Nematologie**, 188 p, 1988.

FRECKMAN, D.W. Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.24, p. 275-296, 1985.

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

FU, S.; FERRIS, H.; BROWN, D.; YEATES, G.W. Does the positive feedback effect of nematodes on the biomass and activity of their bacteria prey vary with nematodes species and population size? **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p. 167-178, 2005.

- GEORGIEVA, S.; CHRISTENSENA, S.; PETERSEN, H.; GJELSTRUP, P.; THORUP-KRISTENSEN, K. Early decomposer assemblages of soil organisms in litterbags with vetch and rye roots. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p. 1145–1155, 2005.
- GHAFOURI, S.; MCGHEE, J.D. Bacterial residence time in the intestine of *Caenorhabditis elegans*. **Nematology**, v.9, p. 87-91, 2007.
- GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.2, p. 223-227, 2002.
- GOMES, G.S.; HUANG, S.P.; CARES, J.E. Nematode community, tropic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p. 258-266, 2003.
- GOULART, A. M. C. Diversidade de nematoides em agroecossistemas e ecossistemas naturais. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 71 p., 2007.
- 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. 129-137, 2003.
- GOULART, A.M.C.; MONTEIRO, A.R.; FERRAZ, L.C.C.B. Comunidades de nematóides em Cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 2. Diversidade taxonômica. **Nematologia Brasileira**, v.27, p.123-128, 2003.
- GOSECO, C.G.; FERRIS, V.R.; FERRIS, J.M. Revision im Leptonchoidea (Nematoda: Dorylamida) *Leptonchus*, *Proleptonchus*, *Funaria* and *Meylis* n. gen. In: Leptonchidae, Leptonchinae. **Purdue Nematode Collection**, Department of Entomology, Indiana, 32 p., 1974a.
- GOSECO, C.G.; FERRIS, V.R.; FERRIS, J.M. Revision im Leptonchoidea (Nematoda: Dorylamida) *Dorlaimoides* in Dorylaimoididae, Dorylaimodinae; *Calolaimus* and *Timmus* n. gen. **Purdue Nematode Collection**, Department of Entomology, Indiana, 32 p. 1974b.
- GREET, D. N. The effect of temperature on the life cycle of *Panagrolaimus rigidus* (Schneider). **Nematologica**, v.24, p. 239–242, 1978.
- HÁNEL, L. Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. **Nematologica**, v.41, p. 197-218, 1995
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 145-154, 1999.
- HOU, X.; HU, N.; ZHANG, X.; LIANG, L.; ZHAI, R. Vertical distribution of soil nematode communities under different tillage systems in Lower Reaches of Liaohe River. **Chinese Geographic Sciences**, v.20, n.2, p. 106–111, 2010.

- 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.
- HUGOT, J.P.; BAUJARD, P.; MORAND, S. Biodiversity in helminthes and nematodes as a field study: an overview. **Nematology**, v.3, p. 199-208, 2001
- HUSSEY, R. S.; GRUNDLER, F. M.W. Nematode parasitism of plants. P.213-244. In: PERRY, R. N.; WRIGHT, D. J. **The physiology and biochemistry of free-living and plant-parasitic nematodes**. 438 p., 1998
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Brazil, DEDIT/CDDI, 92 p., 1992
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.692, 1964.
- KORENKO, V.; SCHMIDT, C. Effects of agricultural practices in the rice crop system on nematode communities in Uruguay. **Nematologia Mediterranea**, v.34, p. 133-140, 2007.
- KORTHALS, G.W. *et al.* Short-term effects of cadmium, copper, nickel and zinc on soil nematodes from different feeding and life-history strategy groups. **Applied Soil Ecology**, v.4, p. 107-117, 1996.
- KORTHALS, G.W. *et al.* The maturity index as an instrument for risk assessment of soil pollution. In: VAN STRAALLEN, N.M.; KRIVOLUTSKY, D.A. **Bioindicator Systems for Soil Pollutions**. Kluwer. p. 85-93, 1996.
- LAAKSO, J.; SETALA, H. Population and ecosystem level effects of predation on microbial feeding nematodes. **Oecologia**, v.120, n.2, p.279-286, 1999.
- LAL, R.; BRUCE, J.P. The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. **Environmental Science Pollution**, v.2, p. 177-185, 1999.
- LAZAROVA, S.S.; DE GOEDE, R.G.M.; PENEVA, V.K.; BONGERS, T. Spatial patterns of variation in the composition and structure of nematode communities in relation to different microhabitats: a case study of *Quercus dalechampii* Ten forest. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, p. 710–712, 2004.
- LENZ, R.; EISENBEIS, G. Short-term effects of different tillage in a sustainable farming system on nematode community structure. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p. 237–244, 2000.
- LIANG, W.J.; LAVIAN, I.; STEINBERGER, Y. Dynamics of nematode community composition in a potato field. **Pedobiologia**, v.43, p. 459–469, 1999.
- LIANG, W.; ZHANG, X.; JIANG, Q.L.I.Y.; OU, W.; NEHER, D.A. Vertical distribution of bacterivorous nematodes under different land uses. **Journal of Nematology**, v.37, p. 254-258, 2005.

- LIMA, A. A.; LIMA, W. L.; BERBARA, R. L. L. Diversidade da mesofauna de solo em sistemas de produção agroecológica. In: I Congresso Brasileiro de Agroecologia, n. 1, 2006. **Revista Brasileira de Agroecologia**, p. 1199 – 1202. 2006.
- LINDEN, D.R.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C.; VAN VLIET, P.C.J. Faunal indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A.. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, p.91-106, 1994.
- LI, Y.; FENG, J.; CHEN, J.; WU, J. Original vegetation type affects soil nematode communities. **Applied Soil Ecology**, v.35, p. 68-78, 2007.
- LOPEZ-FANDO, C.; BELLO, A. Variability in soil nematode populations due to tillage and crop rotation in semi-arid Mediterranean agrosystems. **Soil & Tillage Research**, v.36, p. 59-72, 1995.
- MANACHINI, B.; CORSINI, A.; BOCCHI, S. Soil quality indicators as affected by a long term barley-maize and maize cropping systems. **Italian Journal of Agronomy**, v.1, p. 15-22, 2000.
- MATTOS, J.K.A. Caracterização das comunidades de nematóides em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil Central. **Tese de Doutorado**. Universidade de Brasília, 113 p.
- MATTOS, J.K.A.; HUANG, S.P.; PIMENTEL, C.M.R.M. Grupos tróficos da comunidade de nematoides do solo em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil central. **Nematologia Brasileira**, v.30, n.3, p. 267-273, 2006.
- MENDOZA, R. B.; FRANTI, T. G., DORAN, J. W. Tillage effects on soil quality indicators and nematode abundance in loessial soil under long-term no-till production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.39, n.13–14, p. 2169–2190, 2008.
- MENG, F.; OU, W.; LI, Q.; JIANG, Y.; WEN, D. Vertical distribution and seasonal fluctuation of nematode trophic groups as affected by land use. **Pedosphere**, v.16, n.2, p. 169-176, 2006
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; BEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ V., V.H. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.3. p.209-248. 2003.
- MIKOLA, J. Effect of microbivore species composition and basal resource enrichment on trophic level biomasses in an experimental microbial based soil food web. **Oecologia**, v.117, n.3, p. 396-403, 1998.
- MIKOLA, J.; SETALA, H. No evidence of trophic cascades in an experimental microbial based soil food web. **Ecology**, v.79, n.1, p.153-164, 1998.

- MINOSHIMA H.; JACKSON, L. E.; CAVAGNARO, T. R.; SÁNCHEZ-MORENO, S.; FERRIS, H. Soil food webs and carbon dynamics in response to conservation tillage in California. **Soil Biology and Biochemistry**, v.71, n.3, 952-963, 2007.
- MITCHELL, C.C.; WESTERMAN, R.L.; BROWN, J.R.; PECK, T.R. Overview of long-term agronomic research. **Agronomy Journal**, n.83, p. 24-29, 1991.
- NAKAMURA, Y.; MORIYA, K.; IIZUMA, Y.; YAMAGUCHI, H. Comparisons between the enchytraeid worm populations in tilled and non tilled plots of upland rice. **Pedobiologia**, v.31, p. 141–146, 1988.
- NEHER, D.A.; CAMPBELL, C.L. Nematode communities and microbial biomass in soil with annual and perennial crops. **Applied Soil Ecology**, v.1, p. 17-28, 1994.
- NICHOLAS, W. L. **The biology of free-living nematodes**. Oxford: Oxford University Press, 1975.
- NILES, R. K.; FRECKMAN, D. W. From the ground up: nematode ecology in bioassessment and ecosystem health. In: BARTELS, J.M. (Ed.). **Plant and nematode interactions**. Madison: ASA:CSSA:SSSA, p. 65-85, 1998.
- NEHER, D.A. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. **Journal of Nematology**, v.33, n.4, p. 161-168, 2001.
- NORTON, D.C. Communities. In: NORTON, D.C. **Ecology of plant-parasitic nematodes**. New York: John Wiley, p. 59-79, 1978.
- OKADA, H.; HARADA, H. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. **Applied Soil Ecology**, v.35, p. 582–598, 2007
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 327-336, 2004.
- OU, W.; LIANG, W. J.; JIANG, Y.; LI, Q.; WEN, D. Vertical distribution of soil nematodes under different land use types in an aquic brown soil. **Pedobiologia**, v.49, p. 139–148, 2005.
- OVERSTREET, L. F.; HOYT, G. D.; IMBRIANI, J. Comparing nematode and earthworm communities under combinations of conventional and conservation vegetable production practices. **Soil & Tillage Research**, v.110, p. 42–50, 2010.
- PEN-MOURATOV, S.; HE, X. L.; STEINBERGER, Y.. Spatial distribution and trophic diversity of nematode populations under *Acacia raddiana* along a temperature gradient in the Negev Desert ecosystem. **Journal of Arid Environments**, v.56, p. 339–355, 2004.
- PORAZINSKA, D.L.; DUNCAN, L.W.; MCSORLEY, R.; GRAHAM, J.H. Nematode communities as indicators of status and process of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. **Applied Soil Ecology**, v.13, p. 69-86, 1988.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 1609-1623, 2007.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 713-721, 1998.

RODRIGUES, C. V. M. A.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, A. K. S.; LEITÃO, D. A. H. S.; BARBOSA, N. M. R.; OLIVEIRA, N. J. V. Distribuição vertical da nematofauna associada à cana-de-açúcar. **Nematropica**, v.41, n.1, p. 5-11, 2011.

ROSSI, J.P.; DELAVILLE, L.; QUÉNÉHERVÉ, P. Microspatial structure of a plant-parasitic nematode community in sugar-cane field in Martinique. **Applied Soil Ecology**, v.3, p. 17-26, 1996.

SANTIAGO, D. C.; ARIEIRA, G. O.; ALMEIDA, E.; GUIMARÃES, M. F. Responses of soil nematode communities to agroecological crop management systems. **Nematology**, v.14, n.2, p. 209-221, 2012.

SECCO, D.; DA ROS, C.O.; SECCO, J.K.; FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p. 407-414, 2005.

SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p. 544-552, 2005.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da decomposição do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p. 855-860, 2002.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, v.30, n.5, p. 795-801, 2000.

SILVEIRA, P.M.; DA SILVA, O.F.; STONE, L.F.; DA SILVA, J.G. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.2, p. 257-263, 2001.

SOHLENIUS, B.; SANDOR, A. Vertical distribution of nematodes in arable soil under grass (*Festuca pratensis*) and barley (*Hordeum distichum*). **Biology and Fertility of Soils**, v.3, p.19–25, 1987.

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

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p. 835-841, 2000.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo do solo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 395-401, 2001.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 725-730, 2001.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Influence des pratiques culturales sur le comportement et les propriétés de sols du Paraná (Brésil) **Étude Gestion Sols**, v.5, p. 61-71, 1998.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: Funep, 1993, 235 p.

TOMAZINI, M.D.; FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Abundância e diversidade de nematoides em áreas contíguas de vegetação natural e submetidas a diferentes tipos de uso agrícola. **Nematologia Brasileira**, v.32, n.3, p. 185-193, 2008a.

TOMAZINI, M.D.; FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Estrutura trófica e índices de maturidade de comunidades de nematoides em áreas contíguas de vegetação natural e submetidas a diferentes tipos de uso agrícola. **Nematologia Brasileira**, v.32, n.3, p. 220-230, 2008b.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 301-309, 1998.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p. 795-801, 2002.

TROFYMOW, J.A.; MORLEY, C.R.; COLEMAN, D.C; ANDERSON, R.V. Mineralization of cellulose in the presence of chitin and assemblages of microflora and fauna in soil. **Oecologia**, v.60, n.1, p. 103-110, 1983

VAN DER PUTTEN, W.H.; VAN DIJK, C.; PETERS, B.A.M. Plant-specific soil-borne diseases contribute to succession in foredune vegetation. **Nature**, v.362, p. 53-55. 1993.

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

VERSCHOOR, B. C.; DE GOEDE, R. G. M.; DE HOOP, J. W.; DE VRIES, F. W. Seasonal dynamics and vertical distribution of plantfeeding nematode communities in grasslands. **Pedobiologia**, v.45, p. 213 – 233, 2001.

WARDLE, D. A.; BONNER, K. I.; BARKER, G. M.; YEATES, G. W.; NICHOLSON, K. S.; BARDGETT, R. D.; WATSON, R. N.; GHANI, A. Plant removals in perennial grassland: vegetation dynamics, decomposers, soil biodiversity, and ecosystem properties. **Ecological Monographs**, v.69, p. 535–568, 1999.

WARDLE, D. A, Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. In: BEGON, M.; FITTER, A. H. **Advances in Ecological Research**. New York: Academic Press, p. 105 – 185, 1995.

WARDLE, D.A.; YEATES, G.W. The dual importance and predation as regulatory forces in terrestrial ecosystems: evidence from decomposer food-webs. **Oecologia**, v.93, n.2, p. 303-306, 1993.

WASILEWSKA, L. Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soil-inhabiting nematodes. Russian **Journal of Nematology**, v.5, p. 113-126, 1997.

WASILEWSKA, L. The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. **Pedobiologia**, v.38, n.1, p. 1-11, 1994.

WHITFORD, W.G.; FRECKMAN, D.W.; SANTOS, P.F.; ELKINS, N.Z.; PARKER, L.W. The role of nematodes in decomposition in desert ecosystems. In: FRECKMAN, D.W. (Ed.) **Nematodes in soil ecosystems**. Austin: University of Texas Press, p. 98-116, 1982.

WYSS, U. Feeding behaviour of plant-parasitic nematodes. In: LEE, D.L. **The Biology of nematodes**. Taylor & Francis. p.233-259. 2002.

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

YEATES, G. W. Populations of nematode genera in soils under pasture. III. vertical distribution at eleven sites. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.23, p.117–128, 1980.

YEATES, G.W.; BOAG, B. Growth and life histories in Nematoda, with particular reference to environmental factors. **Nematology**, v.5, n.5, p. 653-664, 2003.

YEATES, G.W.; BOAG, B. Female size shows similar trends in all clades of the phylum Nematoda. **Nematology**, v.8, n.1, p. 111-127, 2006.

YEATES, G.W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p. 113-135, 1999.

YEATES, G. W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. Feeding habits in nematodes families – an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v.25, p.315-331, 1993.

YEATES, G.W. Effects of plants on nematode community structure. **Annual Review of Phytopathology**, v.37, p. 127-149, 1999.

YEATES, G.W.; FERRIS, H.; MOENS, T.; VAN DER PUTTEN, W.H. The role of nematodes in ecosystems. In: WILSON, M.J.; KAKOULI-DUARTE, T. **Nematodes as environmental indicators**. Wallingford: CABI, p. 1-44, 2009.

YEATES, G.W.; KING, K.L. Soil nematodes as indicators of the effect of management on grasslands in the New England Tablelands (NSW): comparison of native and improved grasslands. **Pedobiologia**, v.41, p. 526-536, 1997.

ZINN, Y.L.; LAL, R. RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil Tillage Research**, v.84, p. 28-40, 2005.

ANEXOS

ANEXO A

Figura 2 – Imagem de satélite com detalhe das parcelas agrícolas e área de vegetação nativa utilizadas nesse estudo. Imagem com uma distância de 1 km. Fonte: GoogleEarth



ANEXO B

Figura 2 – Detalhe e croqui da área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja e distribuição dos sistemas de cultivo e preparo do solo. Imagem com uma distância de 200 m. Fonte: GoogleEarth



BLOCO 1			BLOCO 2				BLOCO 3				BLOCO 4				
Gp R 1	Cr R 10	Gp S 11	Ad S 19			Cr S 28		Cr S 34		Di R 40	Gp R 46	Di R 47			
		Di R 12	Ad R 18	DCr R 21	DCr S 26		Cr R 32		Gp S 38	Ad R 41		Di S 48	Cr R 53	Ad R 56	Ad S 59
	Ad R 8	DCr S 13	Di S 17		Gp R 25	Gp S 30	DCr S 31	Ad S 36	DCr R 37		Gp R 44	DCr R 49		DCr S 57	
Cr S 4		Di S 14	Di R 16		Cr S 24						Di S 43	Cr S 50	Gp S 51		
Ad S 5		DCr R 15													

R Rotação	Cr Cruzador
S Sucessão	Di Plantio Direto
	DCr Plantio Direto (com Cruzador a cada 3 anos)
	Ad Arado de discos + Grade niveladora
	Gp Grade pesada + Grade niveladora