

Análise de Dados em Estudos de Diversidade de Nematoides



ISSN 1517-5111

ISSN online 2176-5081

Abril, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 251

Análise de Dados em Estudos de Diversidade de Nematoides

Alexandre Moura Cintra Goulart

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Fernando Antônio Macena da Silva*

Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*

Secretária: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*

Equipe de revisão: *Francisca Eljani do Nascimento*

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Assistente de revisão: *Elizelva de Carvalho Menezes*

Normalização bibliográfica: *Paloma Guimarães Correa de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto(s) da capa: www.nem.wur.nl

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*

Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2009): tiragem 100 exemplares

Edição online (2009)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

G694a Goulart, Alexandre Moura Cintra.

Análise de dados em estudos de diversidade de nematoides. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2009.

46 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081 ; 251).

1. Nematóide – diversidade. I. Título. II. Série.

592.57 - CDD 21

© Embrapa 2009

Autores

Alexandre Moura Cintra Goulart

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

goulart@cpac.embrapa.br

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Camargo Barbosa Ferraz e ao Prof. Dr. Ailton Rocha Monteiro, ambos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), e ao Prof. Dr. Juvenil Enrique Cares, da Universidade de Brasília, pela orientação, apoio e colaboração, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Robélio Leandro Marchão (Embrapa Cerrados), pela colaboração, em especial sobre análise multivariada.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), pelo apoio concedido.

Apresentação

A biodiversidade necessita ser mais bem estudada no Brasil, especialmente em solos (cultivados ou sob vegetação nativa).

Os nematoides são organismos habitantes do solo que apresentam grande diversidade e abundância, podendo ser utilizados como bioindicadores de alterações ambientais, de qualidade do solo e de sustentabilidade da produção agrícola.

Para que os estudos de diversidade de nematoides possam ser úteis, há necessidade de que os métodos de análise de dados sejam adequados e eficientes para permitir acertada interpretação dos resultados. Com o objetivo de apresentar e discutir esses métodos, o presente trabalho foi elaborado.

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução.....	11
Conceitos Gerais sobre Ecologia e Biodiversidade	12
Estudos de Diversidade de Nematoides	14
Amostragem	15
Análise de dados.....	19
Abundâncias	19
Grupos-chave	20
Frequência e valor de proeminência	22
Similaridade	22
Riqueza e índices de diversidade	23
Hábitos alimentares e grupos tróficos	25
Índices de maturidade e outros índices ecológicos	31
Análise multivariada	36
Considerações Finais	39
Referências	40
Abstract.....	46

Análise de Dados em Estudos de Diversidade de Nematoides

Alexandre Moura Cintra Goulart

Introdução

Os animais que fazem parte da biota do solo são muito numerosos e diversos. O número de espécies é muito grande, incluindo representantes de todos os filos terrestres (COLEMAN; CROSSLEY, 1996). Muitos grupos são pouco conhecidos taxonomicamente, portanto estudos de biodiversidade em ecossistemas devem incluir organismos de solo, como, por exemplo, os nematoides (HAWKSWORTH; RITCHIE, 1993; WALL et al., 2001).

Os nematoides são animais invertebrados, geralmente microscópicos, pertencendo a um filo próprio: Nematoda Potts, 1932 (MAGGENTI, 1981; BONGERS; FERRIS, 1999; HUGOT et al., 2001). Estima-se que existe 1 milhão de espécies de nematoides, das quais não mais que 20 mil já foram descritas (EISENBACK, 1998).

Entre os animais multicelulares, os nematoides são os mais abundantes. Constituem grupo altamente diversificado, incluindo formas com diversos hábitos alimentares e diferentes papéis ecológicos no solo. De acordo com a literatura especializada (principalmente estrangeira), nematoides podem ser relacionados com a condição ecológica do solo.

Os nematoides ocupam habitats mais variados que os de qualquer outro grupo de metazoários, salvo os artrópodos. São considerados organismos aquáticos, podendo viver em águas marinhas, águas doces ou películas de água do solo (MAGGENTI, 1981). A movimentação dos nematoides no solo ocorre entre as partículas e no filme de água. O tamanho dos poros ou interstícios maiores permite uma movimentação mais dinâmica, e, principalmente quando eles são de diâmetro maior que o corpo dos nematoides, transformam-se, com auxílio da água presente no solo, em canais por onde os nematoides movimentam-se no solo.

Os nematoides apresentam grande potencial para serem utilizados como excelentes indicadores ecológicos do solo, ou seja, das alterações ambientais nele ocorridas, para isso concorrendo algumas características fundamentais como: (i) são encontrados em abundância em múltiplos e variados biomas, desde que neles exista disponibilidade de água e carbono orgânico; (ii) apresentam diversidade trófica; (iii) possuem ciclo biológico relativamente curto; (iv) constituem comunidades multiespecíficas, ocorrendo tanto interações entre os seus diferentes membros quanto entre estes e outros componentes da biota do solo; (v) certos táxons ou grupos de táxons comprovadamente apresentam sensibilidade diferenciada frente a distúrbios ocorridos no meio; e (vi) podem ser identificados e quantificados sem maiores dificuldades, inclusive as formas de vida livre, pelo menos até o nível de gênero (CARES, 2006; GOULART, 2002; NEHER, 2001; NEILSON, 2005; TOMAZINI, 2008).

Conceitos Gerais sobre Ecologia e Biodiversidade

Ecologia é o estudo da estrutura e função da natureza (ODUM, 1973). Outra definição, enfatizando a dinâmica de populações, apresenta a ecologia como o estudo das interações que determinam a distribuição e abundância de organismos na natureza (KREBS, 1994). Existem dois tipos de pesquisa ecológica: autoecológica e sinecológica. Autoecologia é o estudo de uma única espécie em relação ao ambiente, o qual inclui

outros organismos e fatores abióticos. Sinecologia ou ecologia de comunidade é o estudo simultâneo de várias espécies em relação ao ambiente (JONGMAN et al., 1995). Uma população é um conjunto de indivíduos de uma mesma espécie, ocupando um mesmo espaço em um determinado período de tempo. Uma comunidade é um conjunto de populações em uma determinada área ou habitat (KREBS, 1994).

A biodiversidade é um dos recursos mais valiosos da Terra e, para sua manutenção e melhor aproveitamento, há necessidade de que seja conhecida em maior profundidade, principalmente com base em trabalhos taxonômicos e ecológicos.

A diversidade biológica ou biodiversidade pode ser definida como a diversidade da vida em todas as suas formas e níveis de organização. A biodiversidade existe, pelo menos, em cada um dos seguintes níveis: genes, espécies (ou outras categorias taxonômicas) e ecossistemas. Assim, a diversidade pode ser genética, taxonômica ou de ecossistemas, de acordo com o nível de organização considerado (HUNTER JR., 1999).

A diversidade taxonômica pode ser definida como o número de espécies de um determinado táxon ou o número de táxons na comunidade (NORTON, 1978). De fato, o número de espécies ou táxons na comunidade é o mais antigo e mais simples conceito de diversidade, sendo conhecido como “riqueza de espécies”, “riqueza de táxons” ou, simplesmente, “riqueza”. Um problema em utilizar somente “a riqueza” como medida de diversidade é que as espécies de ocorrência rara e as comuns são consideradas igualmente. Portanto, o conceito de diversidade deve incluir também outro componente: a heterogeneidade, que está relacionada ao número de indivíduos de cada táxon, ou seja, à sua densidade ou abundância. A heterogeneidade pode ser alternativamente chamada de uniformidade ou equitabilidade (NORTON, 1978; MAGURRAN, 1988; KREBS, 1989; KREBS, 1994).

As diversidades trófica (relacionada aos hábitos alimentares dos organismos) e funcional (relacionada às funções ecológicas dos

organismos) constituem outros enfoques para a biodiversidade, muito úteis para a compreensão dos processos ecológicos em comunidades e ecossistemas, especialmente quando avaliadas juntamente com a diversidade taxonômica (BONGERS; BONGERS, 1998; FRECKMAN; ETTEMA, 1993).

A diversidade biológica possui vários componentes, dois dos quais são chamados de diversidade alfa ou local, e diversidade gama ou regional. A diversidade local está relacionada com pequenas áreas, de habitat mais ou menos uniforme, enquanto a regional está relacionada com todos os habitats encontrados em uma determinada região. Há também a diversidade beta, que se refere à troca de organismos de um habitat para outro, adjacente ou próximo (RICKLEFS, 1996).

Estudos de Diversidade de Nematoides

Até o final da década de 1980, estudos sobre diversidade de nematoides que consideravam todos os grupos tróficos e taxonômicos ocorrentes em solos eram escassos. Até então, a maioria dos trabalhos limitava-se à apresentação de listas de ocorrência de espécies (ou outras categorias taxonômicas) e observações gerais, a partir de levantamentos realizados no campo (NORTON, 1978). Após o início da década de 1990, houve aumento significativo do número desses trabalhos, incluindo-se estudos mais aprofundados, em que se utilizaram, para caracterizar comunidades, métodos já conhecidos em pesquisa ecológica, como índices matemáticos e (ou) análises de estatística multivariada. Contudo, esse avanço, que ocorreu internacionalmente, não foi acompanhado pela pesquisa realizada no Brasil, onde trabalhos com esse enfoque ainda são relativamente poucos.

Nematoides podem ser relacionados com a condição ecológica do solo. Qualidade ou sanidade de solos são conceitos relacionados à sustentabilidade da produção agrícola (NILES; FRECKMAN, 1998; DORAN; ZEISS, 2000; HERRICK, 2000; SHERWOOD; UPHOFF,

2000; NEHER, 2001; SAVIOZZI et al., 2001; XU; MAGE, 2001). Estudos de diversidade de nematoides poderiam ser aplicados para se avaliar a qualidade ou sanidade de solos, inclusive com possibilidades de empregá-los como bioindicadores na avaliação do impacto de atividades humanas sobre eventuais alterações ambientais, bem como na avaliação da qualidade do solo e da sustentabilidade produtiva (BONGERS, 1990; FRECKMAN; ETTEMA, 1993; NILES; FRECKMAN, 1998; NEHER; OLSON, 1999; PORAZINSKA et al., 1999; YEATES; BONGERS, 1999; NEHER, 2001; YEATES, 2003).

Os nematoides são organismos amplamente distribuídos no solo, evidenciando grande diversidade taxonômica e de hábitos alimentares. Por causa das diferenças no ciclo de vida, taxa de reprodução e capacidade de persistência no solo, as comunidades de nematoides estão sendo bastante estudadas, utilizando-se dados relativos às suas estruturas trófica e taxonômica como indicadores biológicos para mensurar as alterações resultantes da adoção de práticas de manejo próprias dos agroecossistemas (FRECKMAN, 1982; PARMELEE; ALSTON, 1986; SAMOILOFF, 1987; BONGERS, 1990; NORTON; NIBLACK, 1991; YEATES, 1991; WARDLE et al., 1995; PORAZINSKA et al., 1998a; PORAZINSKA et al., 1998b; NOMBELA et al., 1999; PORAZINSKA et al., 1999; YEATES et al., 1999; LENZ; EISENBEIS, 2000). A abundância e a riqueza dos táxons em uma comunidade de nematoides são índices ecológicos que, ao lado de vários outros, são usados para verificar mudanças nessas comunidades em relação às estruturas trófica e taxonômica, avaliando aspectos como os níveis de perturbação no solo e a influência dos diferentes grupos na realização de importantes processos ecológicos do solo, como a decomposição da matéria orgânica (TOMAZINI, 2008).

Amostragem

A metodologia apropriada de amostragem para estudos de diversidade de nematoides merece especial atenção, pois a confiabilidade dos resultados depende primeiramente dela. A amostragem (padrão de coleta de amostras), nas pesquisas sobre ecologia e biodiversidade de

nematoides, deve ser realizada de maneira que sejam obtidas amostras realmente representativas das comunidades estudadas. Geralmente, para estudos de diversidade de nematoides, são coletadas apenas amostras de solo. No entanto, amostras de raízes podem ser coletadas também, permitindo a obtenção de maior número de informações sobre as comunidades amostradas. Em alguns estudos realizados no Brasil, foi possível verificar que a coleta de raízes, além de solo, permitiu a identificação de certos gêneros-chave de nematoides fitoparasitas, especialmente os endoparasitas, como *Pratylenchus*, os quais possibilitaram a discriminação entre os tratamentos e áreas experimentais (GOULART, 2002, GOULART et al., 2003, GOULART et al., 2008a).

Devem ser coletadas amostras compostas de várias subamostras. Quanto maior o número de subamostras coletadas para compor cada amostra, mais precisos e confiáveis serão os resultados. Segundo Barker (1985), cuja metodologia de coleta é amplamente aceita para trabalhos com nematoides parasitas de plantas, recomenda-se utilizar, no mínimo, 20 a 30 pontos de coleta para áreas de 1 a 2 ha. Eventualmente, quando as condições do local forem de fato homogêneas, pode-se obter uma amostra composta representativa de uma área de vários hectares. Nesse caso, recomenda-se a utilização do maior número possível de subamostras para formar cada amostra composta (no mínimo, 10 a 30 subamostras por hectare). Alguns exemplos de esquemas para coleta de amostras no campo são apresentados na Fig. 1.

A amostragem para fins de realização de análises nematológicas de rotina (sem o objetivo de avaliar a diversidade de nematoides com o rigor da pesquisa científica) foi discutida por Goulart (2009) em publicação específica com esse enfoque. No presente trabalho, discute-se a amostragem adequada para estudos científicos sobre diversidade nematológica.

Para determinar a suficiência da amostragem, após a finalização das identificações taxonômicas dos nematoides presentes nas amostras coletadas, devem ser preparados gráficos representativos dos números acumulados de táxons de nematoides em relação ao número de amostras coletadas. Gráficos que relacionam o número de táxons encontrados com o “esforço amostral” são fartamente estudados em ecologia, com esse mesmo objetivo (BREWER, 1994; GOODELL, 1982; KREBS, 1994; MAGURRAN, 1988). Exemplos desse tipo de gráfico são apresentados nas Fig. 2 e 3 (amostras de solo e raízes, respectivamente). Nesse caso, as comunidades de nematoides foram estudadas em São Carlos, SP, em três diferentes ecossistemas, um de vegetação natural (Cerrado) e dois de agroecossistemas (cultura perene: pomar de goiaba; cultura anual: plantio de milho, irrigado; ambas estabelecidas no Cerrado), por amostragens feitas em duas épocas do ano e cada amostra composta de três subamostras (GOULART, 2002; GOULART; FERRAZ, 2005).

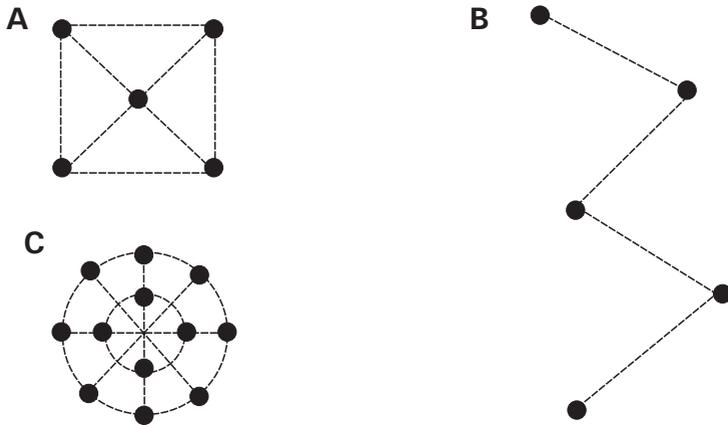


Fig. 1. Exemplos de esquemas de amostragem para estudos de diversidade de nematoides. Cada pequeno círculo preenchido com a coloração escura (●) representa um ponto de coleta (ou subamostra). (A) Esquema de um quadrado: cinco subamostras compõem uma amostra composta (Mattos, 1999); (B) Esquema em ziguezague (Barker, 1985); (C) Esquema de círculos concêntricos: 12 subamostras compõem uma amostra composta (CAES; HUANG, 2008b).

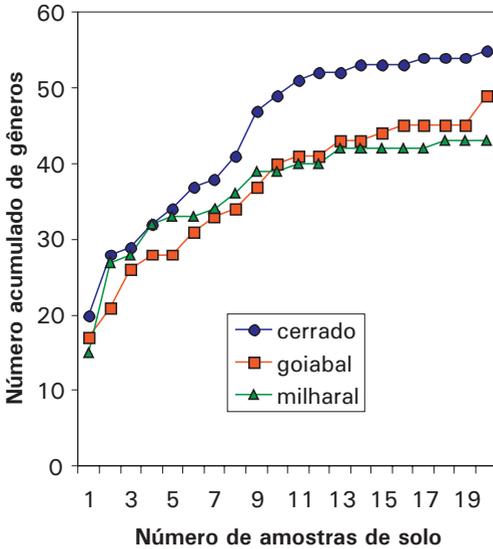
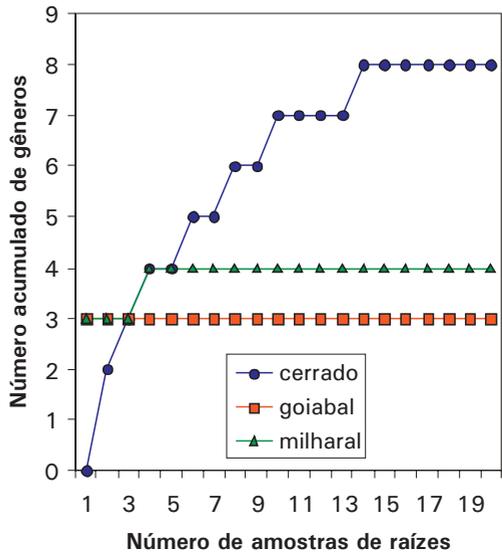


Fig. 2. Números acumulados de gêneros de nematoides em relação ao número de amostras de solo coletadas em áreas de Cerrado, goiabal e milharal em São Carlos, SP (amostragens realizadas em maio de 1999 e fevereiro de 2000). Cada amostra composta de três subamostras.
Fonte: Goulart (2002).

Fig. 3. Números acumulados de gêneros de nematoides em relação ao número de amostras de raízes coletadas em áreas de Cerrado, goiabal e milharal em São Carlos, SP (amostragens realizadas em maio de 1999 e fevereiro de 2000). Cada amostra composta de três subamostras.
Fonte: Goulart (2002).



Em cada ponto de coleta, devem ser tomadas amostras na camada de profundidade de 0 cm a 20 cm ou 0 cm a 30 cm. Em agroecossistemas, os nematoides são encontrados majoritariamente na faixa de 15 cm a 20 cm abaixo da superfície do solo (NORTON; NIBLACK, 1991). Pode-se também realizar amostragens em várias camadas de profundidade (GOULART et al., 2008b; TOMAZINI, 2008), dependendo dos objetivos do estudo.

No caso de vegetação arbórea, as amostras devem ser retiradas de pontos próximos à linha de projeção da copa, onde as raízes mais jovens e ativas podem ser encontradas (BARKER, 1985; FORTUNER, 1991).

Cares e Huang (2008b) propuseram a padronização de sistema de amostragem para avaliar a biodiversidade de nematoides em solos tropicais, estabelecendo pontos de coletas distribuídos em uma grade de amostragem com pontos equidistantes de 100 m, sendo que, em cada ponto (no cruzamento de duas linhas imaginárias), seria coletada uma amostra composta por 12 subamostras de solo, coleadas em pontos equidistantes (4 em um círculo de 6 m de diâmetro e 8 em um círculo de 12 m de diâmetro), com cada subamostra coletada na profundidade de zero a 20 cm (Fig. 1C).

Análise de dados

A seguir, serão discutidos os principais métodos e variáveis utilizadas para análise de dados em estudos de diversidade de nematoides.

Abundâncias

Um estudo da diversidade em comunidades é desenvolvido apropriadamente a partir de dados qualitativos (identificações taxonômicas) e quantitativos (densidades ou números de indivíduos de cada táxon, ou seja, em terminologia ecológica, abundâncias).

A abundância de cada táxon (família, gênero ou espécies) nas comunidades é avaliada através das estimativas de abundância absoluta

e relativa. A abundância absoluta é o número de indivíduos de um determinado táxon de nematóide em uma amostra ou a média desse número para um grupo de amostras. A abundância relativa ($Ar\%$) é calculada pela fórmula seguinte, de acordo com Norton (1978): $Ar\% = (A/N) \times 100$, em que: A = abundância absoluta, ou seja, número de indivíduos de um determinado táxon em uma amostra; N (abundância total) = número total de indivíduos em uma amostra.

Grupos-chave

Se possível, podem ser selecionados alguns gêneros, chamados de gêneros-chave (MATTOS, 1999), que eventualmente possibilitem, de forma consistente, distinção entre áreas com base nas abundâncias absolutas em amostras de solo. Considerando as espécies ou gêneros selecionados, as médias das abundâncias absolutas podem ser comparadas com utilização de análise de variância e, se for o caso, teste de comparação de médias (Tukey ou Duncan, por exemplo). Com o mesmo objetivo, se possível, podem ser selecionadas outras categorias taxonômicas, como família, superfamília, ou até mesmo ordem, que eventualmente possibilitem distinção entre as áreas experimentais (CARES; HUANG, 1991; MATTOS, 1999), sendo realizadas comparações de médias das abundâncias absolutas do mesmo modo.

Nematoides da família Criconematidae (nematoides “anelados”) e da Ordem Dorylaimida com frequência têm sido considerados mais sensíveis aos distúrbios ambientais e, por esse motivo, normalmente são utilizados como “táxons-chave” na comparação entre áreas de vegetação nativa e cultivada (CARES; HUANG, 2008a; GOULART, 2002; GOULART; FERRAZ, 2003; GOULART et al., 2003; MATTOS et al., 2008; TOMAZINI, 2008). Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados exemplos de análises de dados com utilização de abundâncias absolutas e relativas de grupos-chave de nematoides.

Tabela 1. Abundâncias absolutas de *taxa* de nematoides que possibilitaram distinção entre as áreas de Cerrado, goiabal e milharal em São Carlos, SP (amostragem em fevereiro de 2000; médias de 10 amostras de solo + raízes).

	Cerrado	Goiabal	Milharal
<i>Criconematoidea</i>	118,00 a	21,00 b	0,00 b
<i>Criconematidae</i>	107,30 a	21,00 b	0,00 b
<i>Dorylaimellus</i>	7,10 a	5,80 ab	0,30 b
<i>Helicotylenchus</i>	11,40 b	175,90 a	149,60 a
<i>Pratylenchus</i>	6,20 b	24,00 a	44,70 a

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Fonte: Goulart (2002).

Tabela 2. Abundâncias absolutas (nº de indivíduos em 50 g de solo) e relativas (%) de nematoides fitoparasitas, de vida livre e de um gênero-chave de nematoides presentes em amostras coletadas em fevereiro de 2007, em experimento de longa duração em Planaltina, DF.

Tratamentos	Fitoparasitas		Vida Livre		<i>Pratylenchus</i>
	nº	%	nº	%	nº
1 (PAST)	613,8 a	51,3 b	246,3 a	45,8 b	6,3 c
2 (L-C)	730,0 a	57,8 a	501,3 a	40,4 b	141,3 a
3 (L-D)	691,3 a	62,3 a	467,5 a	31,1 b	132,5 a
4 (LP-C)	456,3 a	42,1 b	377,5 a	50,2 b	21,3 b
5 (LP-D)	331,3 a	40,4 b	473,8 a	53,2 b	70,0 a
6 (PL-C)	201,3 a	79,3 a	23,8 b	10,1 c	175,0 a
7 (PL-D)	113,8 a	67,7 a	25,0 b	15,6 c	92,5 a
8 (CE)	20,0 b	8,5 c	225,0 a	90,8 a	0,0 d

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. CE: Cerrado nativo; L-C: lavoura contínua com "plantio convencional"; L-D: lavoura contínua com "plantio direto"; LP-C: rotação lavoura-pastagem com "plantio convencional"; LP-D: rotação lavoura-pastagem com "plantio direto"; PAST: pastagem contínua; PL-C: rotação pastagem-lavoura com "plantio convencional"; PL-D: rotação pastagem-lavoura com "plantio direto". Amostragem realizada em março de 2008 em experimento de longa duração (implantado na safra 1991/1992) na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, com objetivo de avaliação de sistemas de integração lavoura-pecuária.

Fonte: Goulart et al. (2008a).

Frequência e valor de proeminência

A frequência de ocorrência de um determinado táxon é a razão entre o número de amostras em que esse táxon ocorreu e o número total de amostras coletadas, enquanto o valor de proeminência de um determinado táxon é uma medida que incorpora em seu cálculo tanto dados de abundância como também de frequência. O valor de proeminência é dado pela abundância absoluta multiplicada pela raiz quadrada da frequência absoluta de um determinado táxon (NORTON, 1978).

Similaridade

Para comparação das comunidades entre duas áreas ou tipos de coberturas vegetais, podem ser utilizados índices de similaridade, como os de Jaccard e de Bray & Curtis (BRAY; CURTIS, 1957; NORTON, 1978). O índice de similaridade de Jaccard (I_{sj}), citado por Norton (1978), é obtido conforme a fórmula seguinte: $I_{sj} = c / (a + b + c)$, em que: a = número de táxons presentes apenas na área "a"; b = número de táxons presentes apenas na área "b"; c = número de táxons presentes tanto em "a" como em "b". Esse índice varia de 0 a 1 e é tanto maior quanto mais táxons em comum há entre duas áreas comparadas. Como o índice de Jaccard é baseado apenas na presença ou ausência de nematoides, pode ser utilizado também o índice de Bray & Curtis (C), baseado em valores quantitativos de abundâncias absolutas e obtido pela fórmula (BRAY; CURTIS, 1957): $C = 2w / (a + b)$, em que: w = soma dos menores valores de abundâncias de nematoides que as comunidades comparadas têm em comum; a = abundância total na comunidade "a"; b = abundância total na comunidade "b". Esse índice varia de 0 a 1 e é tanto maior quanto maior é a similaridade entre duas áreas comparadas, em relação às comunidades de nematoides.

Um exemplo de análise de dados com uso do índice de similaridade de Bray & Curtis é apresentado na Tabela 3 (GOULART et al., 2008b). O estudo foi realizado a partir de amostragem em experimento de longa duração na Embrapa Cerrados (Planaltina, DF). Para esse trabalho, foram avaliados seis tratamentos, sendo: (1) preparo com grade pesada e cultivo de leguminosas (GP-L); (2) arado de discos e cultivo de leguminosas (AD-L); (3) arado de discos com leguminosas nos dois

anos iniciais, arado de aivecas com gramíneas nos dois anos seguintes e depois escarificador com rotação bianual de leguminosas-gramíneas (ESC-LG); (4) arado de discos com leguminosas nos dois anos iniciais, arado de aivecas com gramíneas nos dois anos seguintes e depois plantio direto com rotação bianual de leguminosas-gramíneas (PD-LG); (5) arado de discos com leguminosas nos dois anos iniciais, arado de aivecas com gramíneas nos dois anos seguintes e depois pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (PAST); e (6) Cerrado nativo (CE).

Tabela 3. Comparações entre tratamentos (aos pares) com base em índices de similaridade de Bray & Curtis de comunidades nematoides presentes em amostras de solo coletadas em fevereiro de 2007, em experimento de longa duração em Planaltina, DF.

Pares de tratamentos	Índices de similaridade de Bray & Curtis	
	0 cm–20 cm	20 cm–40 cm
GP-L x AD-L	0,60 a	0,43 a
GP-L x ESC-LG	0,41 b	0,31 a
GP-L x PD-LG	0,39 b	0,34 a
GP-L x PAST	0,33 c	0,09 b
GP-L x CE	0,08 d	0,04 b
AD-L x ESC-LG	0,75 a	0,36 a
AD-L x PD-LG	0,63 a	0,46 a
AD-L x PAST	0,22 c	0,07 b
AD-L x CE	0,03 d	0,05 b
ESC-LG x PD-LG	0,74 a	0,52 a
ESC-LG x PAST	0,45 b	0,03 b
ESC-LG x CE	0,05 d	0,02 b
PD-LG x PAST	0,34 c	0,06 b
PD-LG x CE	0,05 d	0,04 b
PAST x CE	0,20 c	0,08 b

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. GP-L: preparo com grade pesada e cultivo de leguminosas; AD-L: arado de discos e cultivo de leguminosas; ESC-LG: arado de discos com leguminosas nos dois anos iniciais, arado de aivecas com gramíneas nos dois anos seguintes e depois escarificador com rotação bianual de leguminosas-gramíneas; PD-LG: arado de discos com leguminosas nos dois anos iniciais, arado de aivecas com gramíneas nos dois anos seguintes e depois plantio direto com rotação bianual de leguminosas-gramíneas; PAST: arado de discos com leguminosas nos dois anos iniciais, arado de aivecas com gramíneas nos dois anos seguintes e depois pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; CE: Cerrado nativo.

Fonte: Goulart et al. (2008b).

Considerando as comparações entre tratamentos, aos pares, para a camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, quatro grupos foram discriminados na seguinte ordem decrescente de índices de similaridade:

- (1) entre 0,75 e 0,60 – AD-L e ESC-LG; ESC-LG e PD-LG; AD-L e PD-LG; GP-L e AD-L.
- (2) entre 0,45 e 0,39 – ESC-LG e PAST; GP-L e ESC-LG; GP-L e PD-LG.
- (3) entre 0,34 e 0,20 – PD-LG e PAST; GP-L e PAST; AD-L e PAST; PAST e CE.
- (4) entre 0,08 e 0,03 – GP-L e CE; PD-LG e CE; ESC-LG e CE; AD-L e CE.

De maneira geral, a pastagem foi o sistema que mais se aproximou do Cerrado, embora com índice de similaridade relativamente baixo, de 0,20 (Tabela 3). Os sistemas AD-L, ESC-LG, PD-LG e GP foram relativamente similares entre si, destacando-se as comparações entre AD-L e ESC-LG, e ESC-LG e PD-LG, com índices de similaridade de 0,75 e 0,74, respectivamente (Tabela 3).

Riqueza e índices de diversidade

Uma medida simples e comum de diversidade é a riqueza: número de táxons (nas categorias de espécies, gêneros ou famílias) de nematoides que ocorrem em cada área ou amostra (HUNTER JR., 1996).

Podem ser utilizados índices matemáticos para mensuração da diversidade, dos quais os mais comuns e derivados da teoria das probabilidades são o índice de Shannon-Weaver, o índice de Simpson e os seus respectivos índices de equitabilidade. Os índices de equitabilidade, em especial, expressam a uniformidade (ou equitabilidade) entre as abundâncias de diferentes grupos taxonômicos na comunidade. O índice de Shannon-Weaver atribui pesos iguais a todos os nematoides, sejam raros ou abundantes, enquanto o índice de Simpson atribui maior peso para nematoides mais abundantes (SHANNON; WEAVER, 1949; SOUTHWOOD, 1968; SILVEIRA NETO

et al., 1976; PIELOU, 1977; NORTON, 1978; ODUM, 1988; CARES; HUANG, 2008a).

O índice de Shannon-Weaver (H'), uma conhecida medida de diversidade ecológica, é assim obtido (SHANNON; WEAVER, 1949): $H' = -\sum (n_i/N) \log (n_i/N)$ ou $-\sum P_i \log P_i$, em que: n_i = abundância absoluta de cada táxon; N = soma das abundâncias absolutas de todos os táxons ou número total de indivíduos; P_i = probabilidade de importância de cada táxon = n_i/N . Quanto maior o índice H' , maior a diversidade na área considerada. O índice de equitabilidade ou uniformidade (J'), quando calculado com utilização do índice de Shannon-Weaver, é obtido pela fórmula a seguir (PIELOU, 1977): $J' = H' / \log S$, em que: H' = índice de Shannon-Weaver; S = número de táxons. O índice J' varia de 0 a 1 e, quanto maior o seu valor, maior a uniformidade ou equitabilidade dos táxons na área considerada, em relação às suas abundâncias relativas.

O índice de diversidade de Simpson (D_s) é assim obtido: $D_s = 1 - \sum (p_i)^2$, em que: p_i = porcentagem do táxon i em relação à abundância total. O índice de equitabilidade ou uniformidade (E_s), quando calculado com utilização do índice de Simpson, é obtido pela fórmula seguinte: $E_s = D_s / D_{s_{\max}}$, em que: D_s = índice de diversidade de Simpson; $D_{s_{\max}} = 1 - 1/S$, sendo que S = número de táxons (PIELOU, 1977).

Hábitos alimentares e grupos tróficos

A maioria dos nematoides é de vida livre, alimentando-se de microrganismos, tais como bactérias (bacteriófagos), fungos (micetófagos ou micófagos), algas (algívoros), protozoários (protozoófagos). Entre os nematoides de vida livre, existem também aqueles que se alimentam de seres que não são considerados microrganismos. Nesse caso, há nematoides que se alimentam de pequenas minhocas ou oligoquetas, tardígrados, rotíferos ou mesmo de outros nematoides (predadores). Alguns são parasitas de plantas superiores (fitoparasitas), principalmente de seus órgãos subterrâneos (raízes, rizomas, tubérculos, bulbos ou fruto hipógeo), também existindo os que passaram a parasitas de órgãos aéreos

(caules, folhas, frutos e sementes). Aqueles que apresentam hábito alimentar diversificado, podendo alimentar-se de microrganismos, outros nematoides e plantas são denominados onívoros. Outros são parasitas de animais (zooparasitas), alimentando-se de invertebrados ou vertebrados (FERRAZ; MONTEIRO, 1995). Os nematoides de solo podem ser classificados em grupos tróficos, com base em seus hábitos alimentares, como proposto por Yeates et al. (1993). De acordo com esses autores, os principais grupos tróficos são: fitoparasitas (ou fitófagos), micófagos, bacteriófagos, predadores e onívoros.

A morfologia da região anterior e da cavidade bucal do nematóide está relacionada com seu hábito alimentar (Fig. 4).

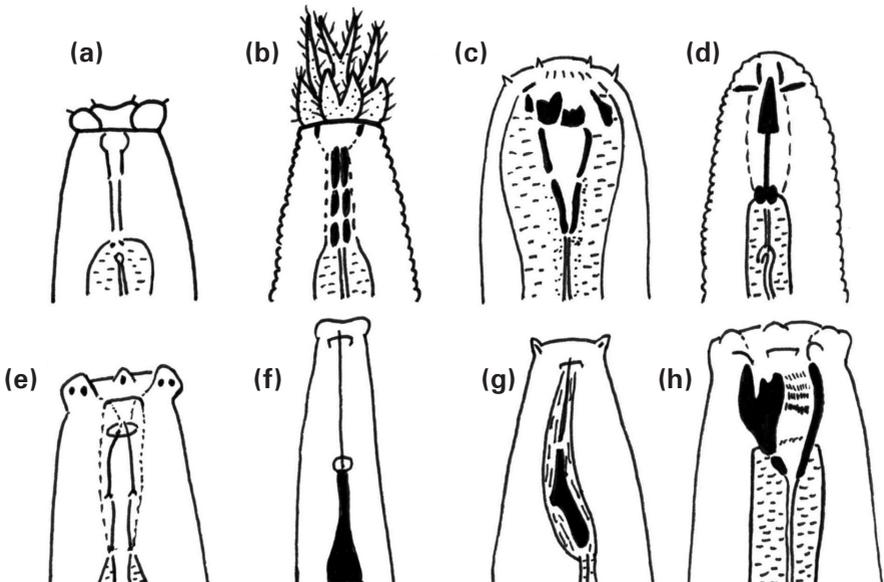


Fig. 4. Morfologia da região anterior e cavidade bucal de nematoides de solo. (a) *Rhabditis* (bacteriófago); (b) *Acrobeles* (bacteriófago); (c) *Diplogaster* (bacteriófago, predador); (d) representante da subordem Tylenchina (parasita de plantas, micófago, predador); (e) *Dorylaimus* (onívoro); (f) *Xiphinema* (parasita de plantas); (g) *Trichodorus* (parasita de plantas); (h) *Mononchus* (predador).

Fonte: adaptado de Yeates e Coleman (1982).

Nematoides fitoparasitas apresentam estilete bucal, o qual pode ser do tipo estomatostílio ou odontostílio. Porém, nem todos nematoides que possuem estilete são fitoparasitas. Existem alguns que são micófagos; outros são predadores ou onívoros. Portanto, a presença do estilete é condição necessária, mas não suficiente para o fitoparasitismo. Os nematoides bacteriófagos mais comuns no solo apresentam cavidade bucal cilíndrica, estreita. Nematoides com cavidade bucal ampla, globosa, armada com dentes, dentículos e (ou) placas cortantes são predadores de pequenos animais do solo, inclusive de outros nematoides.

Nematoides micófagos realizam alimentação, primeiramente penetrando o estilete em uma célula de uma hifa. Em seguida, através dele, injetam enzimas responsáveis pela digestão extracorporal do conteúdo celular. Esse conteúdo é então ingerido pelo nematoide (CROLL; MATTHEWS, 1977). Esse modo de alimentação é semelhante ao dos fitoparasitas. De fato, alguns nematoides portadores de estilete podem utilizar, como fonte de alimento, raízes, pelos radiculares ou hifas de fungos (POINAR JR., 1983). Existem certos gêneros de nematoides que congregam espécies micófagas e fitoparasitas, como *Aphelenchoides* e *Ditylenchus*.

A forma mais simples de alimentação entre os nematoides é encontrada nos bacteriófagos. Eles simplesmente ingerem células bacterianas vivas através da cavidade bucal, geralmente cilíndrica e estreita. Esses nematoides, comumente encontrados associados à matéria orgânica em decomposição, colocam para o interior do organismo, via cavidade bucal, o material liquefeito resultante da decomposição, embora as bactérias associadas a esse material sejam a real fonte de alimento (WALLWORK, 1970).

Todos os nematoides, parasitas ou de vida livre, alimentam-se de organismos vivos. Nematoides que se alimentam de microrganismos podem ser chamados de microbiófagos ou microbiotróficos. Esses nematoides são às vezes denominados sapróbios ou saprófitas, mas tais termos estão incorretos, uma vez que dão a idéia de que

os nematoides obtêm alimento de matéria orgânica morta (ou em decomposição), o que na realidade não ocorre. A verdadeira fonte de alimento são os microrganismos, como bactérias e fungos (POINAR Jr., 1983; FERRAZ; MONTEIRO, 1995).

Nematoides predadores (às vezes chamados de “carnívoros”) alimentam-se principalmente de protozoários e de pequenos animais do solo, invertebrados, como rotíferos, tardígrados, anelídeos ou mesmo outros nematoides. Quando a cavidade bucal é ampla, geralmente armada com dentes e (ou) dentículos, nematoides predadores são capazes de ingerir a presa por inteiro (ou parte dela), embora geralmente rasguem a parede do corpo da presa para, em seguida, ingerir o conteúdo. Representantes desse grupo ocorrem nas ordens Rhabditida, Mononchida, Dorylaimida, Enoplida, Chromadorida e Monhysterida. Quando a cavidade bucal apresenta um estilete relativamente estreito, o nematoide o utiliza para penetrar o corpo da vítima e sugar seu conteúdo. Representantes desse último grupo ocorrem nas ordens Rhabditida [subordem Tylenchina (Tylenchomorpha), superfamília Aphelenchoidea] e Dorylaimida (POINAR JR., 1983; FRECKMAN; CASWELL, 1985; SMALL, 1987; YEATES et al., 1993; YEATES, 1998).

Os hábitos alimentares relacionados com os nematoides onívoros são pouco conhecidos. Aparentemente, podem se comportar como: algívoros; predadores; bacteriófagos; micófagos; fitófagos ocasionais ou facultativos, em pelos radiculares de plantas (FRECKMAN; CASWELL, 1985).

No filo Nematoda, as formas habitantes do solo, com diferentes hábitos alimentares, estão incluídas em várias ordens, como sumariado na Tabela 4.

Dados de abundância relativa (%) de nematoides de cada grupo trófico ou hábito alimentar são úteis para o estudo de comunidades desses organismos e para a compreensão de suas relações com outros integrantes da biota do solo.

Tabela 4. Nematóides de solo e hábitos alimentares.

Ordem / Subordem	Grupo trófico
Classe Chromadorea	
Rhabditida/Rhabditina	Bacteriófagos, predadores, parasitas de insetos, ingestores de substrato.
Chromadorida	Parasitas de algas, bacteriófagos, predadores.
Rhabditida/Tylenchina	Parasitas de plantas, parasitas de algas, micófagos, predadores, parasitas de insetos.
Desmoscolecida	Bacteriófagos.
Monhysterida	Bacteriófagos, predadores, parasitas de algas.
Araeolaimida	Bacteriófagos.
Classe Enoplea	
Enoplida	Bacteriófagos, predadores, parasitas de algas, onívoros.
Isolaimida	Bacteriófagos.
Mononchida	Predadores, bacteriófagos.
Dorylaimida	Micófagos, parasitas de plantas, predadores, onívoros.
Triplonchida	Micófagos, parasitas de plantas.

Fonte: modificado de Yeates et al. (1993).

Os hábitos alimentares dos nematóides identificados são determinados com base na literatura [especialmente no trabalho de Yeates et al. (1993) e alguns outros correlatos], obtendo-se a seguinte classificação: fitoparasitas; bacteriófagos; micófagos; predadores; onívoros; predadores ou onívoros (YEATES, 1998; YEATES et al., 1993). Dessa maneira, são obtidos dados de abundância relativa (%) dos nematóides de cada um desses hábitos alimentares. Com base nas abundâncias relativas de grupos tróficos, podem-se obter também as seguintes razões: (i) micófagos / bacteriófagos; (ii) (micófagos +

bacteriófagos) / parasitas de plantas. A primeira relação indica a via prevalente de decomposição da matéria orgânica no solo (por meio de fungos ou bactérias) e a segunda indica a dominância de nematoides que se alimentam de microrganismos ou que praticam a herbivoria (WASILEWSKA, 1994).

Também pode ser utilizado um índice de diversidade trófica (T) com base nas abundâncias relativas (%) de nematoides dos diferentes grupos tróficos ou hábitos alimentares, que é calculado pela seguinte fórmula (FRECKMAN; ETTEMA, 1993): $T = 1/(n_i/N)^2$ ou $1/\sum P_i^2$, em que: n_i = abundância absoluta de cada grupo trófico; N = soma das abundâncias absolutas de todos os grupos tróficos ou número total de indivíduos; P_i = probabilidade de importância de cada grupo trófico = n_i/N .

Os dados de abundância relativa de nematoides de cada um dos hábitos alimentares, bem como os índices de diversidade trófica, podem ser submetidos à análise de variância e, se for o caso, ao teste de comparação de médias (Tukey ou Duncan, por exemplo). Um exemplo de análise de dados com utilização de abundâncias relativas de grupos tróficos é apresentado na Fig. 5.

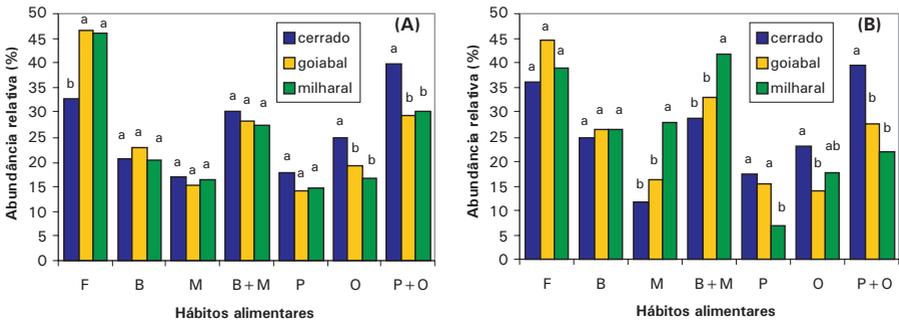


Fig. 5. Abundâncias relativas (%) de nematoides dos hábitos alimentares fitoparasita (F), bacteriófago (B), micófago (M), bacteriófago ou micófago (B+M), predador (P), onívoro (O), predador ou onívoro (P+O), nas áreas de amostragem em São Carlos, SP (médias de 10 amostras de solo para cada área). Letras distintas (em cada hábito alimentar) indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan a 5 %, com dados transformados para arco seno da raiz quadrada de $x/100$. (A) Amostragem em maio de 1999; (B) amostragem em fevereiro de 2000.

Fonte: Goulart e Ferraz (2003).

Índices de maturidade e outros índices ecológicos

Um índice de maturidade (IM) foi proposto por Bongers (1990), como indicativo da fase de sucessão ecológica em que se encontra uma comunidade de nematoides e como medida do nível de perturbação ou distúrbio do ambiente. Para a obtenção desse índice, são considerados “colonizadores” ou “estrategistas-r” nematoides que apresentam rápido aumento populacional em condições favoráveis, possuem ciclo de vida curto, alta capacidade de colonização e maior tolerância a perturbações ou distúrbios ambientais. São considerados “persistentes” ou “estrategistas-k” nematoides de baixa taxa reprodutiva, ciclo de vida longo, baixa capacidade de colonização e maior sensibilidade a distúrbios do ambiente. Essas características ecológicas foram utilizadas para a criação de uma escala de valores de 1 a 5, denominados “valores c-p”, sendo que os mais próximos de 1 estão relacionados aos nematoides colonizadores e os mais próximos de 5 aos nematoides persistentes (Tabelas 5 e 6 e Fig. 6).

Os valores c-p são utilizados para o cálculo do índice de maturidade, que é uma média ponderada desses valores, com base nas abundâncias relativas desses nematoides. O índice de maturidade é calculado levando em consideração somente os nematoides de vida livre (não fitoparasitas). O índice de parasitas de plantas (IPP) considera somente os nematoides fitoparasitas e é calculado da mesma forma (BONGERS, 1990), no entanto, para os fitoparasitas, os valores c-p variam de 2 a 5. Yeates (1994) propôs que o índice de maturidade modificado fosse calculado considerando os nematoides de todos os grupos tróficos.

O índice de maturidade é obtido pela seguinte fórmula, de acordo com Bongers (1990), considerando apenas os nematoides não fitoparasitas: $IM = v_i \times (n_i/N)$ ou $v_i \times P_i$, em que: v_i = valor c-p atribuído ao táxon considerado; n_i = abundância absoluta do táxon considerado; N = soma das abundâncias absolutas de todos os táxons ou número total de indivíduos; P_i = probabilidade de importância de cada táxon = n_i/N . O índice de parasitas de plantas é obtido pela mesma fórmula, porém considerando apenas os nematoides fitoparasitas (BONGERS, 1990). Por sua vez, o índice de maturidade modificado (IMm), proposto por

Yeates (1994), é obtido pela mesma fórmula, porém considerando os nematoides de todos os hábitos alimentares presentes na comunidade.

Tabela 5. Famílias de nematoides e valores c-p (colonizadores - persistentes) utilizados para obtenção do índice de maturidade (BONGERS, 1990).

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

Tabela 6. Famílias de nematoides e valores c-p (colonizadores - persistentes) utilizados para obtenção do índice de parasitas de plantas (BONGERS, 1990) e do índice de maturidade modificado (YEATES, 1994).

c-p 2	c-p 3	c-p 4	c-p 5
Tylenchidae	Dolichodoridae	Trichodoridae	Longidoridae
Psilenchidae	Hoplolaimidae		
Tylodoridae	Pratylenchidae		
Ecphyadophoridae			
Paratylenchidae	Hemicycliophoridae		
Anguinidae			

Fonte: adaptado de Bongers (1990).

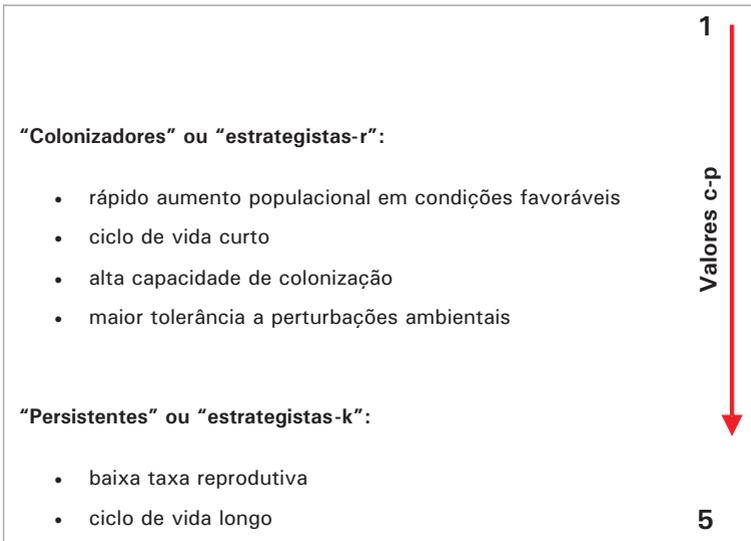


Fig. 6. Características de nematoides considerados colonizadores ou persistentes e a variação de valores c-p atribuídos (de acordo com Bongers, 1990).

Na Tabela 7, é apresentado um exemplo de análise de dados com utilização de índices de maturidade, de acordo com Tomazini (2008). Nesse caso, as áreas utilizadas para as coletas de amostras eram contíguas, com a mata na parte central e os cultivos agrícolas (perenes: bananeira, citros e pessegueiro; anuais: milho e leguminosas em rotação) em seu entorno, localizando-se em Piracicaba, SP. A mata e o pomar cítrico foram considerados ambientes mais maduros, entre os quatro sistemas perenes estudados, refletindo menor intensidade de intervenção humana através de práticas como adubações, tratos mecanizados e outros. A área sob cultivo de anuais em rotação, por sua vez, foi a mais afetada entre todas (TOMAZINI, 2008).

Tabela 7. Índices de maturidade referentes a nematoides obtidos em amostras de solo coletadas em agosto de 2004 em diferentes ecossistemas (áreas contíguas) em Piracicaba, SP: culturas anuais (milho - leguminosas em rotação), perenes e mata (médias de três repetições).

	Anuais	Bananeira	Citros	Pessegueiro	Mata
MI	0,65 d	1,03 c	1,67 a	0,71 cd	1,33 b
PPI	2,01 b	1,97 b	0,97 c	2,73 a	1,69 b
mMI	2,64 c	3,00 b	2,55 c	3,43 a	3,02 a

Em cada linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. MI: índice de maturidade; PPI: índice de parasitas de plantas; mMI: índice de maturidade modificado.

Fonte: Tomazini (2008).

Ferris et al. (2001) apresentaram 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 indicadoras da condição ecológica do solo, especialmente com relação às cadeias alimentares. Uma “guilda” é um conjunto de espécies (ou de outros grupos taxonômicos) com características similares (principalmente atributos biológicos de maneira geral e tipos de resposta a determinadas condições ambientais). No caso de nematoides, uma “guilda funcional” é um conjunto de grupos taxonômicos com o mesmo hábito alimentar e com a mesma função (inferida) na cadeia alimentar. Além disso, cada guilda funcional reúne

nematoides que apresentam o mesmo valor c-p (valor na escala de 1 a 5, relacionado com as características do nematoide, que pode ser mais colonizador ou mais persistente).

Os autores apresentaram três diferentes condições de cadeias alimentares e identificaram as guildas funcionais de nematoides associadas, as quais são indicadoras da condição da cadeia alimentar. Foi descrita como “basal”, uma cadeia alimentar que foi reduzida em virtude do estresse, incluindo limitações de recursos, condições ambientais adversas ou contaminação (poluição) recente. Foi definida como “estruturada”, uma cadeia alimentar na qual os recursos são mais abundantes ou a recuperação de eventual estresse esteja ocorrendo. Uma cadeia alimentar torna-se “enriquecida” quando ocorre perturbação ou distúrbio e os recursos tornam-se disponíveis devido à mortalidade de organismos, alterações no ecossistema, ou mesmo, por mudanças ambientais favoráveis. Segundo a proposta dos autores, as comunidades de nematoides podem ser analisadas por meio de índices calculados com base na presença e abundância de guildas funcionais.

O índice de enriquecimento (“enrichment index”: EI) apresenta a localização da cadeia alimentar na trajetória de “enriquecimento”, ou seja, quanto a cadeia alimentar é “enriquecida” ou não. De forma semelhante, o índice de estrutura (“structure index”: SI) indica a localização da cadeia alimentar na trajetória de “estrutura” (ou seja, quanto a cadeia alimentar é “estruturada” ou não). Esses índices são calculados da seguinte maneira: $EI = 100 \times (e / (e + b))$; $SI = 100 \times (s / (s + b))$. Os valores de e , s e b são as abundâncias de nematoides de guildas que representam “enriquecimento”, “estrutura” e condição “basal”, respectivamente. As guildas que representam “enriquecimento” são: bacteriófagos com valor c-p igual a 1 (Ba_1) e micófitos com valor c-p igual a 2 (Fu_2).

As guildas que representam “estrutura” são: bacteriófagos com valor c-p que varia de 3 a 5 (Ba_3 , Ba_4 e Ba_5), micófitos com valor c-p que varia de 3 a 5 (Fu_3 , Fu_4 e Fu_5), onívoros com valor c-p que varia de 3 a 5 (Om_3 , Om_4 e Om_5), carnívoros (predadores) com valor c-p que varia de 2 a 5 (Ca_2 , Ca_3 , Ca_4 e Ca_5).

Outro índice proposto pelos autores é o índice de “canal” ou “canal de decomposição” (“channel index”: CI), que representa o canal (ou via) de decomposição predominante da matéria orgânica na cadeia alimentar do solo, calculado da seguinte maneira: $CI = 100 \times [0,8Fu_2 / (3,2Ba_1 + 0,8Fu_2)]$, onde Ba_1 e Fu_2 são as abundâncias de nematoides das guildas de bacteriófagos com valor c-p igual a 1 e de micófitos com valor c-p igual a 2, respectivamente.

Análise multivariada

Métodos de análise estatística multivariada podem ser usados em estudos de diversidade de nematoides, quando se objetiva comparar um grande número de áreas ou comunidades. Em geral, as análises se dividem em duas etapas, um primeiro passo consistindo em técnicas exploratórias de sintetização ou simplificação da estrutura de variabilidade dos dados, e um segundo, consistindo em técnicas de inferência estatística. Fazem parte do primeiro grupo métodos como a análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas, análise de agrupamentos, análise discriminante e análise de correspondência. Esses métodos têm um apelo prático muito interessante, pois, na sua grande maioria, independem do conhecimento da forma matemática da distribuição de probabilidades geradora dos dados amostrais. No segundo grupo, encontram-se os métodos de estimação de parâmetros, testes de hipóteses, análise de variância, de covariância e de regressão multivariada (MINGOTI, 2005).

Um dos métodos mais utilizados em estudos da ecologia de nematoides é a análise de agrupamento. Essa análise é utilizada para se classificar áreas similares em grupos ou “ramos” que são organizados em uma estrutura hierárquica tipo “árvore”, chamada dendrograma. Os grupos ou “ramos” delimitam ou representam diferentes comunidades bióticas. Outro método também utilizado é a análise de correspondência, um tipo de análise fatorial que se aplica aos dados de frequência para estabelecer uma relação entre os elementos de uma linha (táxons de nematoides) com uma dada propriedade em uma coluna (sítios de amostragem, profundidade de coleta de amostras de solo, etc.). Após as transformações matemáticas sobre uma matriz com n linhas e p colunas, uma matriz simétrica é obtida e os dados projetados em um gráfico com

dois eixos (x e y). Cada eixo é formado pela contribuição resultante da frequência de seus elementos (táxons de nematoides) e representa um fator que contribui com um percentual de explicação da variação total do fenômeno em estudo (CARES; HUANG, 2008a; JONGMAN et al., 1995; LUDWIG; REYNOLDS, 1988). Entre os métodos de ordenação multivariados, a análise de componentes principais (ACP) também tem sido amplamente utilizada. Os componentes principais, dispostos num espaço de duas dimensões, representam variabilidade suficiente para indicar algum padrão a ser interpretado.

Na Fig. 7, é apresentado um diagrama de ordenação proveniente de análise de componentes principais seguida de uma análise discriminante, realizada a partir de dados de diversidade de nematoides obtidos em experimento de longa duração para avaliação de sistemas de integração lavoura-pecuária na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF (GOULART et al., 2008a).

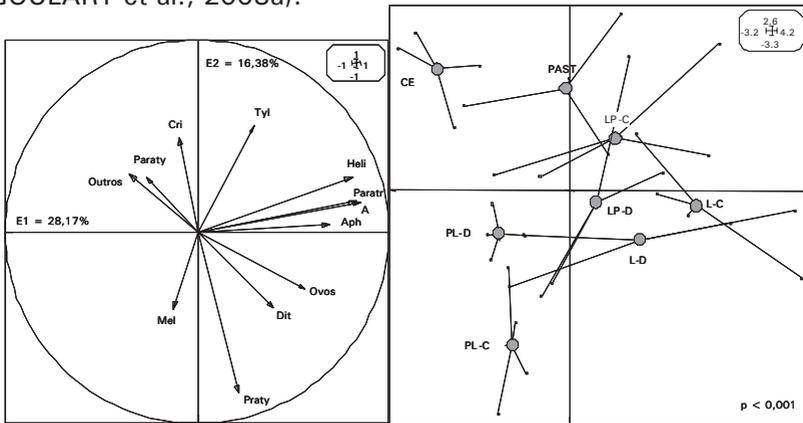


Fig. 7. Círculo de correlações entre os grupos de nematoides (A) e diagrama de ordenação das amostras, em função dos tratamentos (B), obtidos por meio de Análise de Componentes Principais. A: Aphelenchus; Aph: Aphelenchoides; Cri: Mesocriconema; Dit: Ditylenchus; Heli: Helicotylenchus; Mel: Meloidogyne; Outros: outros nematoides fitoparasitas (de ocorrência rara e pouco abundantes); Ovos: ovos de diversos nematoides; Paratr: Paratrichodorus; Paraty: Paratylenchus; Praty: Pratylenchus; Tyl: Tylenchus; CE: Cerrado nativo; L-C: lavoura contínua com “plantio convencional”; L-D: lavoura contínua com “plantio direto”; LP-C: rotação lavoura-pastagem com “plantio convencional”; LP-D: rotação lavoura-pastagem com “plantio direto”; PAST: pastagem contínua; PL-C: rotação pastagem-lavoura com “plantio convencional”; PL-D: rotação pastagem-lavoura com “plantio direto”. Amostragem realizada em março de 2008 em experimento de longa duração (implantado na safra 1991/1992) na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, com objetivo de avaliação de sistemas de integração lavoura-pecuária.

Fonte: Goulart et al. (2008a).

O experimento foi implantado no ano agrícola 1991/1992, com objetivo de avaliar sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). Inicialmente, a vegetação nativa foi removida e o solo preparado com arado de discos, seguido de grade aradora. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso (dois blocos ou repetições, sendo que, para o presente trabalho, duas amostras de solo foram coletadas em cada parcela). Foram selecionados oito tratamentos, compostos pela combinação de tipos de uso (cultivos contínuos e integração lavoura-pecuária) e sistemas de preparo do solo na fase lavoura: (1) pastagem contínua de *Brachiaria decumbens* (PAST); (2) lavoura contínua (soja-sorgo-soja-soja), com “plantio convencional” (L-C); (3) lavoura contínua (soja-sorgo-soja-soja), com “plantio direto” (L-D); (4) rotação lavoura-pastagem (cultivo anual após três anos de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu), com “plantio convencional” (LP-C); (5) rotação lavoura-pastagem (cultivo anual após três anos de pastagem de *B. brizantha* cv. Marandu), com “plantio direto” (LP-D); (6) rotação pastagem-lavoura (pastagem de *B. brizantha* cv. Piatã, recém-estabelecida, após três anos de cultivo anual – soja-sorgo-soja), com “plantio convencional” (PL-C); (7) rotação pastagem-lavoura (pastagem de *B. brizantha* cv. Piatã, recém-estabelecida, após três anos de cultivo anual – soja-sorgo-soja), com “plantio direto” na fase lavoura (PL-D); e (8) área de Cerrado nativo (CE).

A análise de componentes principais (ACP), realizada com os dados de abundância dos grupos de nematoides, revelou que o primeiro e o segundo eixo explicaram 28,17 % e 16,38 % da variabilidade total dos dados, respectivamente (Fig. 7 A). No diagrama de ordenação, observa-se o agrupamento dos tratamentos em relação aos grupos de nematoides (Fig. 7 B), cuja separação foi significativa ($p < 0,001$). O eixo 1 foi influenciado principalmente pelos grupos *Helicotylenchus*, *Paratrichodorus*, *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Ditylenchus* e “Ovos”, que foram mais abundantes nos tratamentos sob cultivo de soja após três anos de pastagem (LP-C, LP-D, L-C e L-D) e apresentaram autovetores positivos. Entretanto, o eixo 2 foi influenciado pelos grupos *Tylenchus*, *Criconemella*, *Paratylenchus* e “Outros”, que

apresentaram autovetores positivos e foram mais abundantes nos agroecossistemas menos perturbados (PAST e CE). Ainda, o eixo 2 foi influenciado pelos grupos fitoparasitas *Pratylenchus* e *Meloidogyne*, que foram mais abundantes nos tratamentos sob pastagem depois de três anos em cultivo com lavoura de grãos. O fato de esses dois grupos serem fitoparasitas da cultura da soja, que foi cultivada em dois anos anteriores, possivelmente explica suas altas abundâncias.

Com utilização de análise multivariada, foi possível concluir que: abundâncias de *Pratylenchus*, bem como abundâncias de Criconematoidea (*Mesocriconema* e *Paratylenchus*), constituem potenciais indicadores de alterações ambientais e de qualidade de solo em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). Observou-se também que o cultivo contínuo de soja em sistemas de ILP pode favorecer o aumento das populações de nematoides fitoparasitas dos gêneros *Pratylenchus* e *Paratrichodorus*, bem como populações de nematoides micófagos dos gêneros *Aphelenchoides*, *Aphelenchus* e *Ditylenchus* (GOULART et al., 2008a).

Considerações Finais

Os nematoides constituem um grupo muito diversificado, do ponto de vista taxonômico e trófico (hábitos alimentares), possuem ampla distribuição e relacionam-se com diversos organismos no solo. Dessa forma, as comunidades de nematoides podem ser utilizadas para avaliar diferentes processos ecológicos do solo, como, por exemplo, a decomposição da matéria orgânica. Essas comunidades também podem ser utilizadas para avaliar a qualidade do solo e diferentes tipos de alterações ambientais.

Para que os estudos de diversidade de nematoides sejam realmente fidedignos, primeiramente deve-se dedicar especial atenção à metodologia de amostragem. Diversos métodos podem ser utilizados para mensurar e comparar a diversidade em comunidades de nematoides, incluindo a utilização de índices matemáticos ou ecológicos, bem como análise estatística multivariada.

Atualmente, ainda são escassos no Brasil os trabalhos de pesquisa sobre o uso de nematoides como indicadores ecológicos ou ambientais (apesar ter ocorrido, nos últimos anos, certo aumento do número de trabalhos realizados com esse enfoque). Para que essa linha de pesquisa seja fortalecida no Brasil, assim como já ocorre no exterior, há necessidade, primeiramente, de formação de nematologistas capacitados para realizar identificações taxonômicas dos nematoides de vida livre, e não somente dos fitoparasitas, pelo menos até nível de gênero. Além disso, a metodologia dos trabalhos, desde a amostragem até a análise de dados, deve ser apropriada e correta, de forma a permitir resultados cientificamente confiáveis.

Referências

- BARKER, K. R. Sampling nematode communities. In: BARKER, K. R.; CARTER, C. C.; SASSER, J. N. (Ed.). **An advanced treatise on *Meloidogyne***: II. methodology. Raleigh: North Carolina State University/USAID, 1985. p. 3-17.
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, v. 83, n. 1, p. 14-19, 1990.
- BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 10, n. 3, p. 239-251, 1998.
- BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 14, p. 224-228, 1999.
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. **Ecological Monographs**, v. 27, p. 325-349, 1957.
- BREWER, R. Community and ecosystem ecology. In: BREWER, R. **The science of ecology**. Ft Worth: Saunders College/Harcourt Brace College, 1994. p. 263-306.
- CARES, J. E. Nematóides como indicadores ambientais de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 26., 2006, Campos de Goytacazes, RJ. **Anais...** Campos de Goytacazes: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2006. p. 14-16.
- CARES, J. H.; HUANG, S. P. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of Central Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 199-209, 1991.
- CARES, J. E.; HUANG, S. P. Comunidades de nematóides de solo sob diferentes sistemas na Amazônia e Cerrados brasileiros. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008a. p. 409-444.

CARES, J. E.; HUANG, S. P. Soil nematodes. In: MOREIRA, F. M.S.; HUISING, E. J.; BIGNALL, D. E. (Ed.). **A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity**. London: Earthscan, 2008b. p. 97-106.

COLEMAN, D. C.; CROSSLEY JR., D. A. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego: Academic Press, 1996. 205 p.

ROLL, N. A.; MATTHEWS, B. E. **Biology of nematodes**. Glasgow: Blackie, 1977. 201 p.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000.

EISENBACK, J. D. Morphology and Systematics. In: BARTELS, J. M. (Ed.). **Plant and nematode interactions**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, p. 37-63, 1998.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematóides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 168-201.

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.

FORTUNER, R. Methods for collection and preparation of nematodes: part 1: field sampling and preparation of nematodes for optic microscopy. In: NICKLE, W. R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991, p. 75-87.

FRECKMAN, D. W. Parameters of the nematode contribution to ecosystems. In: FRECKMAN, D. W. (Ed.). **Nematodes in soil ecosystems**. Austin: University of Texas Press, 1982. p. 81-97.

FRECKMAN, D. W.; CASWELL, E. P. The ecology of nematodes in agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 275-296, 1985.

FRECKMAN, D. W.; ETTEMA, C. H. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 45, n. 3/4, p. 239-261, 1993.

GOODSELL, P. B. Soil sampling and processing for detection and quantification of nematode populations for ecological studies. In: FRECKMAN, D. W. (Ed.). **Nematodes in soil ecosystems**. Austin: University of Texas Press, 1982. p. 178-198.

GOULART, A. M. C. Diversidade de nematóides em áreas de vegetação nativa e cultivada em São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil. Piracicaba, 2002. 151 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

GOULART, A. M. C. **Coleta de amostras para análise de nematóides**: recomendações gerais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009 (Embrapa Cerrados. Documentos).

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, n. 2, p. 123-128, 2003.

GOULART, A. M. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Amostragem em estudo de biodiversidade de nematóides em cerrado preservado ou substituído por culturas agrícolas. **Fitopatologia Brasileira**, Supl., p. 163, 2005.

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 taxionômica. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 129-137, 2003.

GOULART, A. M. C.; MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C. Diversidade de nematóides em um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008a. 1 CD-ROM.

GOULART, A. M. C.; SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S. Diversidade de nematóides em solo sob Cerrado preservado ou submetido a sistemas de manejo. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008b. 1 CD-ROM.

HAWKSWORTH, D. L.; RITCHIE, J. M. **Biodiversity and biosystematic priorities**: microorganisms and invertebrates. Wallingford: CAB International, 1993. 120 p.

HERRICK, J. E. Soil quality: an indicator of sustainable land management? **Applied Soil Ecology**, v. 15, n.1, p. 75-83, 2000.

HUGOT, J. P.; BAUJARD, D.; MORAND, S. Biodiversity in helminthes and nematodes as a field study: an overview. **Nematology**, v. 3, p. 199-208, 2001.

HUNTER JUNIOR, M. L. **Fundamentals of conservation biology**. Massachusetts: Blackwell Science, 1996. 482 p.

HUNTER JUNIOR, M. L. Biological diversity. In: HUNTER JUNIOR, M. L. (Ed.). **Maintaining biodiversity in forest ecosystems**. London: Cambridge University Press, 1999. cap. 1, p. 3-21.

JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. (Ed.). **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 299 p.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York: Harper Collins, 1989. 654 p.

KREBS, C. J. **Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance**. New York: Harper Collins College, 1994. 801 p.

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, n. 3/4, p. 237-244, 2000.

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley, 1988. 337 p.

MAGGENTI, A. **General nematology**. New York: Springer Verlag, 1981. 372 p.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Croom Helm, 1988. 179 p.

MATTOS, J. K. A. Caracterização das comunidades de nematóides em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil Central. Brasília, 1999. 113 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília.

MATTOS, J. K. A.; ANDRADE, E. P.; TEIXEIRA, M. A.; CASTRO, A. P. G.; HUANG, S. P. Gêneros-chave de onze diferentes comunidades de nematóides do solo na região dos Cerrados do Brasil Central. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 142-149, 2008.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 300 p.

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.

NEHER, D.A.; OLSON, R.K. Nematode communities in soils of four farm cropping management systems. **Pedobiologia**, v. 43, n. 5, p. 430-438, 1999.

NEILSON, R. Nematode ecology: a current perspective. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 25., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2005. p. 18-23.

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, 1998. p. 65-85.

NOMBELA, G.; NAVAS, A.; BELLO, A. Nematodes as bioindicators of dry pasture recovery after temporary rye cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 4, p. 535-541, 1999.

- NORTON, D. C. Communities. In: NORTON, D.C. **Ecology of plant-parasitic nematodes**. New York: John Wiley, p. 59-79, 1978.
- NORTON, D. C.; NIBLACK, T. L. Biology and ecology of nematodes. In: NICKLE, W. R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 47-72.
- ODUM, E. P. **Fundamentos da ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1973. 595 p.
- ODUM, E. P. Populações em comunidades. In: ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. p. 233-281.
- PARMELEE, R. W.; ALSTON, D. G. Nematode trophic structure in conventional and no-tillage agroecosystems. **Journal of Nematology**, v. 18, n. 3, p. 403-407, 1986.
- PIELOU, P. C. **Mathematical ecology**. New York: Wiley, 1977. 385 p.
- POINAR JR., G. O. **The natural history of nematodes**. New Jersey: Prentice-Hall, 1983. 323 p.
- PORAZINSKA, D. L.; DUNCAN, L. W.; MCSORLEY, R.; GRAHAM, J. H. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. **Applied Soil Ecology**, v. 13, n. 1, p. 69-86, 1999.
- PORAZINSKA, D. L.; MCSORLEY, R.; DUNCAN, L. W.; GALLAHER, R. N.; WHEATON, T. A.; PARSONS, L. R. Relationships between soil chemical status, soil nematode community, and sustainability indices. **Nematropica**, v. 28, n. 2, p. 49-261, 1998a.
- PORAZINSKA, D. L.; MCSORLEY, R.; DUNCAN, L. W.; GRAHAM, J. H.; WHEATON, T. A.; PARSONS, L. R. Nematode community composition under various irrigation schemes in a citrus soil ecosystem. **Journal of Nematology**, v. 30, n. 2, p. 170-178, 1998b.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 469 p.
- SAMOIOFF, M. R. Nematodes as indicator of toxic environmental contaminants. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Vistas on nematology**. Raleigh: Society of Nematologists, 1987. p. 433-439.
- SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; CARDELLI, R.; RIFFALDI, R. A comparison of soil quality in adjacent cultivated, forest and native grassland soils. **Plant and Soil**, v. 233, n. 2, p. 251-259, 2001.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117 p.
- SHERWOOD, S.; UPHOFF, N. Soil health: research, practice and policy for a more regenerative agriculture. **Applied Soil Ecology**, v. 15, n. 1, p. 85-97, 2000.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; NOVA, N. A. V. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1976. 419 p.
- SMALL, R. W. A review of the prey of predatory soil nematodes. **Pedobiologia**, v. 30, n. 3, p. 179-206, 1987.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. London: Methuen, 1968. 391 p.

TOMAZINI, M. D. **Caracterização das comunidades de nematóides em mata nativa e áreas contíguas submetidas a diferentes tipos de uso agrícola em Piracicaba (SP)**. Piracicaba, 2008. 67 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

WALL, D.H.; ADAMS, G.; PARSONS, A.N. Soil biodiversity. In: CHAPIN III, F. S.; SALA, O. E.; HUBER-SANNWALD, E. (Ed.). **Global biodiversity in a changing environment: scenarios for the 21st century**. New York: Springer-Verlag, 2001. p. 47-82.

WALLWORK, J. A. **Ecology of soil animals**. London: McGraw-Hill, 1970. 283 p.

WARDLE, D. A.; YEATES, G. W.; WATSON, R. N.; NICHOLSON, K. S. The detritus food-web and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agroecosystems. **Plant and Soil**, v. 170, n. 1, p. 35-43, 1995.

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.

XU, W.; MAGE, J. A. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 83, n. 3, p. 215-233, 2001.

YEATES, G. W. Impact of historical changes in land use on the soil fauna. **New Zealand Journal of Ecology**, v. 15, n. 1, p. 99-106, 1991.

YEATES, G.W. Modification and qualification of the nematode maturity index. **Pedobiologia**, v. 38, n. 2, p. 97-101, 1994.

YEATES, G. W. Feeding in free-living soil 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, 1998. p. 245-269.

YEATES, G. W. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, n. 4, p. 199-210, 2003.

YEATES, G. W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n. 1/3, p. 113-135, 1999.

YEATES, G. W.; COLEMAN, D. C. Role of nematodes in decomposition. In: FRECKMAN, D. W. (Ed.). **Nematodes in soil ecosystems**. Austin: University of Texas Press, 1982. p. 55-80.

YEATES, G. W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. Feeding habits in soil nematode families and genera: an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 3, p. 315-331, 1993.

YEATES, G. W.; WARDLE, D. A.; WATSON, R. N. Responses of soil nematode populations, community structure, diversity and temporal variability to agricultural intensification over a seven-year period. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 12, p. 1721-1733, 1999.

Data Analysis on Nematode Diversity Studies

Abstract

Among multicellular animals, nematodes are the most abundant. They have different feeding habits (plant feeder, fungal feeder, bacterial feeder, predator of animals and omnivore) and many ecological roles in soils. They may be used as soil ecological indicators in agroecosystems and natural ecosystems, evaluating environmental disturbances, soil quality or sustainability. On nematode diversity studies, data analysis must be adequate in order to provide useful information. In this work, scientific and international literature about data analysis on nematode diversity studies are reviewed and discussed.

Index terms: biodiversity, data analysis, free-living nematodes, plant parasitic nematodes, bioindicators, soil quality.