

Amanda do Prado Mattos¹, Larissa Zubek¹, Bruna Broti Rissato¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Maringá.
Avenida Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Zona 07, Maringá, PR.

E-mail: pradomattosa@gmail.com; lari_zubek@hotmail.com; brunarissato@hotmail.com

RESUMO: O conhecimento a respeito da qualidade do solo e da água é essencial em estudos que avaliam a condição de ecossistemas e de sua capacidade de sustentar a produtividade biológica e a qualidade ambiental. Bioindicadores como os nematoides podem ser utilizados para mensurar a qualidade de solo e água. Os nematoides assumem importante papel ecológico, visto sua abundância no ambiente e representatividade na cadeia trófica do solo e água. A análise da comunidade de nematoides presente em determinado ecossistema, de acordo com os hábitos alimentares, diversidade, abundância e respostas à toxicidade, pode ser utilizada de forma satisfatória em estudos de sustentabilidade de ecossistemas e qualidade do solo e água. A partir disso, esta revisão tem como objetivo abordar os tópicos presentes na literatura referentes à utilização de nematoides como bioindicadores da qualidade do solo e água.

PALAVRAS-CHAVE: bioindicadores, qualidade ambiental, biomonitoramento.

NEMATODES INDICATORS OF SOIL AND WATER QUALITY

ABSTRACT: The knowledge about the quality of the soil and water is essential in studies that assess the condition of ecosystems and their ability to sustain productivity biological and environmental quality. Bioindicators such as nematodes can be used to measure the quality of the soil and water. The nematodes assume an important role ecological, because of their abundance in the environment and representativeness in the food chain of the soil and water. The analysis of the community of nematodes present in a given ecosystem according to the food habits, diversity, abundance, and responses to toxicity, can be used satisfactorily in studies of sustainability of ecosystems and the quality of the soil and water. From this point on, this review aims to address the topics present in the literature regarding the use of nematodes as bioindicators of soil quality and water.

KEY WORDS: bioincators, environmental quality, biomonitoring.

INTRODUÇÃO

O solo destaca-se como um recurso natural essencial para a dinâmica e desempenho do ecossistema terrestre. A qualidade do solo é caracterizada como a capacidade deste, de atuar no ecossistema para sustentar a produtividade biológica e a qualidade ambiental, propiciando a saúde das plantas e animais. Esta qualidade pode ser mensurada através do uso de indicadores, que podem ser físicos, químicos e biológicos (Santos e Maia, 2013).

Os indicadores biológicos estão relacionados aos processos biológicos que ocorrem no solo e/ou água, e assim indicam a condição do ecossistema. Estes podem ser utilizados para medir a resposta dos organismos vivos em decorrência das mudanças que ocorrem em seu ambiente (biomonitoramento) (Araujo e Monteiro, 2007). Dentre os bioindicadores pode-se citar os nematoides, organismos com potencial para determinação da qualidade do solo.

Os nematoides são organismos abundantes pertencentes ao filo Nematoda e estão presentes em ambientes marinhos, no solo, em água doce, parasitando animais ou plantas. A grande maioria das espécies é de vida livre, com alimentação baseada tanto em microrganismos como bactérias, fungos, algas, protozoários, quanto na mesofauna e macrofauna como pequenas minhocas, tardígrados, rotíferos e outros nematoides (Ferraz e Monteiro, 1995).

Em agroecossistemas os nematoides são muitas vezes negligenciados quanto ao seu papel no solo, assumindo apenas a função de fitoparasita causadores de danos às plantas cultivadas. Porém, apenas 10% das espécies descritas pertencem a esse grupo trófico, e 25% são fungívoros, bacterívoros e onívoros (Ritzinger et al., 2010).

Em relação a abundância de organismos no solo, os nematoides estão abaixo apenas de fungos e bactérias, além de serem representativos na cadeia trófica do solo, logo assumem importante papel ecológico podendo ser associados a qualidade do solo (Goulart, 2009). Nesse contexto, esta revisão tem como objetivo abordar os tópicos presentes na literatura referentes à utilização de nematoides como bioindicadores da qualidade do solo e água.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Nematoides como bioindicadores de solo

Os nematoides não apresentam grande contribuição direta na respiração do solo, logo são considerados pouco importantes em relação ao fluxo de energia. Porém têm papel importante como reguladores de processos essenciais, além de refletirem a dinâmica populacional do que eles consomem, assim como das condições físicas e químicas do solo (Goulart et al., 2009). Várias razões são apontadas para justificar a utilização dos nematoides como bons indicadores biológicos da qualidade do solo.

São organismos abundantes e que ocorrem em todos os tipos de solos, inclusive nos mais pobres, onde há milhões em cada metro quadrado. Apresentam grande diversidade trófica,

se alimentando de quase todos os organismos presentes no solo, e a sua população flutua em resposta à dinâmica populacional dos organismos que consomem. Além disso a sua fonte de alimento é determinada a partir da observação da região bucal em microscópio, não demandando de técnicas muito mais complexas (Yeates, 2003).

Nematoides respondem rapidamente tanto à perturbações quanto ao enriquecimento do ambiente, sendo fortemente influenciados pelas características físicas e químicas do solo, além de não migrarem rapidamente em condições estressantes. Embora alguns sejam muito sensíveis, muitas espécies sobrevivem à desidratação, congelamento ou estresse por oxigênio (Stirling, 2014).

Além disso para a análise da comunidade desses nematoides é necessário realizar extração, técnica padronizada e facilitada, visto que os nematoides são organismos prontamente extraídos do solo. Como são seres abundantes, uma pequena amostra (100ml) contém indivíduos suficientes para uma análise confiável, sendo possível várias repetições, além de que, podem ser armazenados para futuras análises. A identificação desses organismos ao nível da família pode ser realizado utilizando como base características morfológicas simples (Bongers e Ferris, 1999).

1.1 Metodologia em estudos da comunidade de nematoides

Os nematoides podem ser avaliados em um único momento para obtenção de informações sobre as condições atuais do local, ou em avaliações sequenciais, para análise de degradação ou remediação ambiental (Bongers e Ferris, 1999).

Para utilizar os nematoides como bioindicadores, são analisadas características a partir da extração, que demanda de amostragens representativas do meio em questão. O ideal é a coleta de solo e também de raiz para obtenção de maiores informações, principalmente referente a fitoparasitas. Devem ser coletadas subamostras para compor amostras compostas, e quanto maior o número de coletas, maior a confiança dos resultados. A profundidade de coleta irá depender do objetivo de pesquisa, mas em geral é 0-20cm ou de 0-30cm. Em caso de vegetação arbórea, deve ser retirada a amostra sob a projeção da copa, onde encontram-se as raízes mais jovens (Goulart, 2009).

1.1.1 Características analisadas

As informações sobre a dinâmica populacional dos nematoides presentes na área, como a diversidade da população, identificação taxonômica, hábitos alimentares, densidade populacional, comparação entre diversidades são utilizadas para concluir sobre o estado biológico do solo. Para tanto são utilizados índices de diversidade como o de Shannon-weaver e de Simpson, índices ecológicos como de maturidade (IM) e de parasitas de plantas (IPP), assim como índices que diagnosticam a cadeia alimentar do solo, como o índice de enriquecimento (IE), índice de estrutura (IS) e índice canal (IC) (Mondino et al., 2009).

O IM está relacionado à perturbação ambiental, e é indicativo da sucessão ecológica em que se encontra uma comunidade. Logo este índice indica a condição de um ecossistema baseado na composição da comunidade do nematoide. Espécies que são relacionadas em nível de família apresentam respostas similares à perturbação ambiental, sendo assim as famílias são enquadradas em uma escala que varia de 1 a 5. Esta escala está relacionado aos primeiros colonizadores de novos recursos (1) e aos organismos que persistem em habitats não perturbados (5), e estes valores são chamados de valores c-p (colonizador-persistente) (Tabela 1) (Yeates, 2003).

Tabela 1 - Famílias de nematoides e valores c-p utilizados para obtenção de índice de maturidade

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	Microaimidae	3
Alloionematidae	1	Odontolaimidae	3
Diploscapteridae	1	Aulolaimidae	3
Bunonematidae	1	Bastianidae	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	Thornematidae	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

Fonte: Adaptado de Bongers (1990) apud Goulart (2009)

Partindo de um exemplo prático, onde é incorporado matéria orgânica no solo, em práticas agrícolas, ocorre a estimulação da atividade microbiana, oferecendo recursos para espécies oportunistas de nematoides, e consequente rápida diminuição do IM, seguida de um aumento gradual durante a sucessão subsequente. Logo, na prática, os valores de IM para solo sujeito a vários níveis de perturbação variam de menos de 2,0 em sistemas perturbados enriquecidos em nutrientes, a aproximadamente 4,0 em ambientes intocados (Bongers e Ferris, 1999).

Porém, o índice de maturidade é utilizado apenas para os nematoides de vida livre. Para os fitoparasitas é calculado separadamente o índice de parasita-planta (IPP), já que a ocorrência e abundância destes organismos não são determinadas somente pela estrutura da comunidade, mas também pelo estado e vigor das plantas que crescem no solo. O IPP tende a responder ao enriquecimento ambiental como o inverso do IM, e os valores c-p variam de 2 a 5 (Tabela 2) (Yeates, 2003).

Tabela 2 - Famílias de nematoides e valores c-p utilizados para obtenção de índice de parasita de plantas

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 Bongers (1990) apud Goulart (2009)

1.1.2 Grupos Funcionais

A partir da análise destas características, chega-se a conclusões referentes, por exemplo, ao nível trófico desses nematoides, abundância e a sua relação com os demais organismos. Desta forma, Stirling (2014) divide-os da seguinte maneira: oportunistas de enriquecimento, fungívoros, onívoros, predadores e parasita de plantas. E a partir da análise de abundância e diversidade destes grupos de nematoides pode-se obter informações referentes ao estado do ecossistema e consequente qualidade do solo.

Os nematoide oportunistas de enriquecimento são alguns bacteriófagos que colonizam o solo quando este é enriquecido com uma alteração orgânica. São relativamente pequenos, com alto potencial reprodutivo, ovos pequenos e ciclo de vida curto. A população deste grupo de nematoides é elevada quando há no ambiente matéria orgânica em decomposição inicial, pois haverá a presença de bactérias, que é sua fonte de alimento, e quando a biomassa microbiana diminui, eles deixam de se alimentar e se tornam dormentes, sendo sucedidos por outro grupo. Por exemplo, bacteriófagos da família *Rhabditidae* predominam em fases iniciais da decomposição da matéria orgânica (Stirling, 2014).

Fungívoros possuem o ciclo de vida relativamente curto (1-2 semanas), e são proeminentes quando o ambiente apresenta material com alta relação C/N, visto que os fungos, que são sua fonte de alimento, são os principais responsáveis pela decomposição de resíduos de decomposição lenta. Desta forma são comuns em áreas de lavoura com plantio direto, onde há o acúmulo desse tipo de substrato. Exemplos de organismos desse grupo são os nematoides da família *Aphelenchoidea* e *Tylenchidae*. Por exemplo, populações elevadas de bacteriófagos e fungívoros, revelam que o ciclo de nutrientes será rápido através da decomposição bacteriana

e que há altos níveis de nitrogênio ou lavoura recente. E se os fungívoros são proeminentes significa que cadeia alimentar do solo é dominada por fungos e que a ciclagem biológica de nutrientes será lenta (Ferris e Bongers, 2006).

Nematoides do grupo dos onívoros são generalistas pois se alimentam de uma grande diversidade de organismos. Têm como característica o corpo grande, o que os torna sensíveis a distúrbios como o preparo do solo, a poluentes e insumos excessivos de fertilizantes nitrogenados. Portanto se estão presentes no solo significa que a teia alimentar do solo é diversa e relativamente estável, no entanto se estão ausentes é de que a biologia do solo foi interrompida ou esgotada, estando afetada por poluentes ou insumos excessivos de fertilizantes, e também pelo preparo do solo (Stirling, 2014).

Os predadores se alimentam de outros nematoides e assemelha-se aos onívoros, ambos grandes nematoides sensíveis à perturbação e, com ciclo de vida longo, uma vez perdidos da teia alimentar do solo, podem levar meses ou anos para que eles voltem. Os predadores que se alimentam de bacteriófagos se multiplicarão rapidamente e poderão tolerar contaminantes. Se a população de onívoros e predadores é elevada nos remete que o solo é biologicamente complexo e que possui alguma capacidade de suprimir populações de nematoides parasitas e outros patógenos de solo (Stirling, 2014).

Já os parasitas de plantas estão presentes predominantemente em solos agrícolas, e sua população se torna elevada quando há muitos estresses ambientais (Mondino et al., 2009). Leroy et al. (2007) mostrou em seu experimento que áreas com produção de milho que receberam por sete anos adubação orgânica e esterco bovino apresentaram maior abundância de fitoparasitas do gênero *Pratylenchus* e um pequeno número de espécies da família *Tylenchidae*, e maior população de nemátodos bacteriófagos pertencentes à família *Rhabditidae*.

Ferris, Bongers e De Goede (2001), trouxeram outra proposta de divisão, onde há três condições de cadeias alimentares (enriquecimento, basal e estrutural) e as “guildas funcionais” de nematoides associadas. Guildas são um conjunto de grupos taxonômicos com o mesmo hábito alimentar e com a mesma função na cadeia alimentar, e cada “guilda funcional” reúne nematoides que apresentam o mesmo valor c-p, de 1 a 5.

Segundo os autores, nessa divisão, os indicadores de enriquecimento são considerados oportunistas, pois estão presentes quando os recursos tornam-se disponíveis devido a mortalidade de organismos, alterações no ecossistema, ou mudanças ambientais favoráveis.

Apresentam como característica ciclo de vida curto, corpo pequeno, alta fecundidade e ovos pequenos. Exemplo de representantes desse grupo são bacteriófagos de valor c-p igual a 1, como *Rhabditidae* e *Panagrolaimidae*.

Indicadores basais estão presentes em condições de estresse, incluindo limitações de recursos, condições ambientais adversas ou contaminação recente, sendo considerados nematoides adaptados e tolerantes. Possuem ciclo de vida médio e corpo pequeno, como *Cephalobidae*, bacteriófagos com valor c-p 2 e *Aphelenchidae*, micófagos de valor c-p 2 (Ferris e Bongers, 2006).

Rhabditidae são geralmente substituídos por outras espécies de bacteriófagos como os *Cephalobidae*, os quais são mais tolerantes a falta de água e persistem em fases posteriores da sucessão (Bongers e Ferris, 1999).

Já os indicadores de estrutura, são nematoides com ciclo de vida longo, corpo grande, baixa fecundidade e ovos grandes como os *Aporcelaimidae* e *Nygolaimidae*. São sensíveis a estresse, logo ocorrem em condições estáveis, quando os recursos são mais abundantes ou em recuperação de algum estresse. Como integrantes desse grupo há os bacteriófagos, micófagos e onívoros de valor c-p entre 3 e 5 e predadores (carnívoros) valor c-p entre 2 e 5 (Ferris et al., 2001).

Pesquisas indicam que simples análises *in situ* da fauna dos nematoides em nível familiar é capaz de fornecer uma riqueza de informações sobre a natureza das vias de decomposição e estado nutricional do solo. As análises também indicam efeitos de práticas agrícolas e contaminantes sobre o funcionamento da teia alimentar do solo. Eles fornecem uma base para a gestão ambiental, remediação e decisões de conservação (Goulart, 2007).

Goulart e Ferraz (2003), avaliaram a comunidade de nematoides em área de vegetação nativa de cerrado, área de goiabal, e área de milharal, em dois períodos: 1999 e 2000. Os autores observaram que a remoção de vegetação do cerrado e a implementação da goiabada e cultivos de milho influenciaram as comunidades de nematoides nas áreas amostradas, resultando em redução da abundância relativa de predadores ou onívoros e menor diversidade. Além de aumentar a abundância de fungívoros em áreas de milharal visto o aumento de material de alta relação C/N (Figura 1).

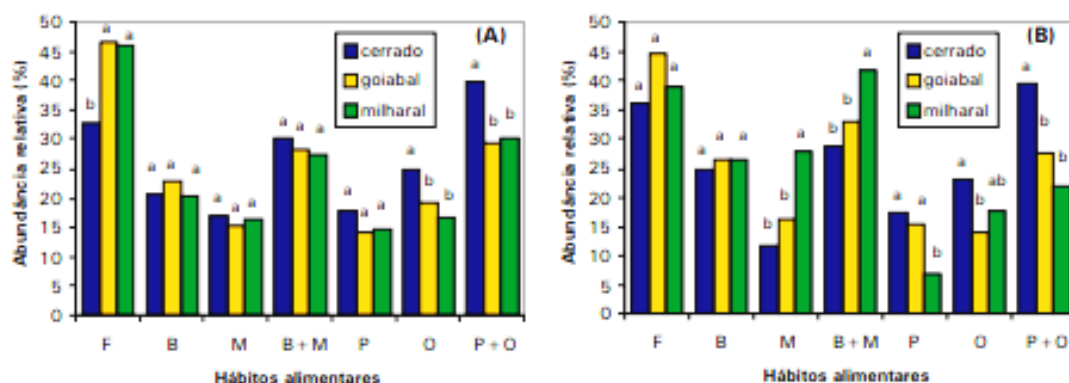


Figura 1. Abundâncias relativas de nematoides e hábitos alimentares fitoparasita (F), bacteriófago (B), micófago (M), predador (P), onívoro (O). Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Duncan a 5%.

Fonte: Goulart & Ferraz (2003)

Pavao-zuckerman e Coleman (2007) demonstram, a partir da análise da estrutura da comunidade de nematóides associada ao uso do solo urbano, que a abundância de onívoros e predadores tende a diminuir quando o uso dos solos aumentam. Nesse contexto observa-se novamente que os nematóides predadores-onívoro, como os das ordens Dorylaimida e Mononchida, necessitam de ambientes estáveis, predominando em comunidades já estabelecidas.

Arieira et al., (2013) avaliaram o efeito do tempo de cultivo contínuo com cana-de-açúcar sobre nematoides fitoparasitas e de vida livre, e observaram que as parcelas agrícolas foram dominadas por *Pratylenchus* sp. e *Helicotylenchus* sp. e as comunidades nas áreas de vegetação nativa dominadas por nematoides de vida livre, principalmente bacteriófagos, com incidência de nematoides canívoros/onívoros e *Mesocriconema* sp.

2. Nematoides como bioindicadores aquáticos

Os nematoides de vida livre são essenciais para o funcionamento de estuários e ecossistemas, e poderiam ser usados mais amplamente como indicadores biológicos de poluição ambiental marinha (Moreno et al., 2011). São organismos diversificados e numericamente dominantes nos ecossistemas aquáticos, e são geralmente o único táxon persistente em habitats altamente poluídos/perturbados (Coull e Chandler, 1992). Como todos os membros permanentes do bentos, eles estão em contato direto com poluentes (Vranken e Heip, 1986).

Suas características como ciclos biológicos curtos e a alta estabilidade das populações, produzem nessa comunidade uma reação mais rápida e confiável às mudanças ambientais do que a observada nos macrobentos (Bongers e Van de haar, 1990). Além disso, a alta abundância do filo e a oportunidade de estudar espécimes fixos tornam as amostragem e análise mais simples e rápidas (Platt e Warwick, 1980). As vantagens ecológicas e práticas associadas ao uso de nematoides em estudos bentônicos são boas razões para utilizá-las como um grupo indicador ideal para a avaliação da qualidade dos sedimentos.

Como já citado, a alta diversidade desse filo está relacionada ao seu amplo espectro trófico e à plasticidade adaptativa de suas peças cutâneas bucais. Dado o grande número de espécies de nematoides, não é surpreendente que todos os recursos tróficos possam ser utilizados, aumentando assim a importância dos nematoides no funcionamento do ecossistema marinho.

2.1 Características analisadas

Entre os métodos mais recorrentes nos trabalhos utilizando nematoides como bioindicadores marinhos está o Índice de Maturidade (IM), já citado anteriormente para nematoides de solo. Dentre outras metodologias também utilizadas, pode-se citar as estimativas clássicas de diversidade como riqueza de espécies, dominância ou uniformidade e diversidade de Shannon-Wiener (Moreno et al., 2011).

Assim como nos nematoides bioindicadores da qualidade do solo, a distinção funcional também é determinante para qualidade da água. Grupos funcionais de nematoides podem ser considerados como grupos de espécies que têm efeitos semelhantes nos processos do ecossistema (Chalcraft e Resetarits, 2003).

A poluição também pode determinar uma alteração na composição trófica dos nematoides, devido a mudanças na abundância dos organismos bênticos ou na oferta orgânica, ambos representando fontes tróficas. Assim, a poluição pode causar uma modificação na composição trófica da comunidade de nematoides e, conseqüentemente, a diversidade trófica. O Índice de Diversidade Trófica (ITD), expresso em um índice calculado com base na porcentagem de cada tipo de alimentação, foi introduzido por Heip et al. (1984). Um aumento dos valores ITD (devido a uma dominância acentuada de uma única guilda trófica) deve estar relacionado com um aumento da poluição. Alguns autores, no entanto, relataram uma influência

ambígua sobre o ITD de um vazamento de óleo ou o impacto da biodeposição de fazendas de peixes, sugerindo que estes tipos de estresse não têm um impacto real na estrutura trófica da comunidade de nematóides (Mirto et al., 2002).

Schratzberger et al. (2007) foram os primeiros a propor uma análise combinada das características desses organismos, ou seja, uma abordagem multivariada, combinando uma série de medidas de funcionalidade em apenas uma, para fornecer informações ecológicas interessantes.

A abordagem dos traços biológicos parece não ser mais poderosa do que os métodos taxonômicos tradicionais na detecção de padrões espaciais, mas pode fornecer informações ecológicas adicionais, mesmo com relação a uma possível diminuição no funcionamento do ecossistema (Danovaro et al., 2008).

Um dos principais problemas que dificultam a aplicação de características funcionais está relacionado aos limites da abordagem quando se trata de definir características biológicas, especialmente os tipos de alimentação dos mesmos. O mesmo problema já havia sido sublinhado na ecologia dos nematoides terrestres, para os quais os grupos de alimentação ainda fornecem informações inadequadas sobre o funcionamento dos ecossistemas do solo (Bongers e Bongers, 1998).

Considerações finais

A análise da comunidade de nematoides presente em determinado ecossistema, de acordo com os hábitos alimentares, diversidade, abundância e respostas à toxicidade, pode ser utilizada de forma satisfatória em estudos de sustentabilidade de ecossistemas, qualidade do solo e água.

Os papéis funcionais dos nematoides podem ser altamente específicos para cada espécie, e sua identificação em um nível específico é, portanto, fundamental para entender seu papel ecológico. A este respeito, um novo e importante desafio é a implementação de aplicações de técnicas moleculares, um instrumento importante para tornar a identificação de nematoides mais fácil e rápida. Porém a calibração e padronização destas práticas para análise da biodiversidade levará tempo e outras formas de análise terão que ser exploradas. Assim, há um enfoque na melhoria da abordagem da diversidade funcional e o desenvolvimento de novos índices de nematoides baseados na suficiência taxonômica.

Por fim, monitorar a qualidade ambiental é um elemento essencial de uma estratégia de proteção eficaz e do manejo correto dos ecossistemas. As vantagens ecológicas e práticas associadas ao uso de nematoides em estudos biológicos são boas razões para utilizá-las como um grupo descritor na avaliação do status de qualidade de sedimentos marinhos e do solo.

REFERENCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARIEIRA, G. O.; SBRUSSI, C. A. G.; SANTIAGO, D. C.; PEÑUELA, J. B. E.; GUIMARÃES, M. F. Responses of free-living and plant-parasitic nematodes to sugarcane crop in two soils. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.4, p.570-575, 2013.

ARMENTEROS, M., RUIZ-ABIerno, A., FERNÁNDEZ-GARCÉS, R., PÉREZ-GARCÍA, J.A., DÍAZ-ASENCIO, L., VINCX, M. AND DECRAEMER, W. Biodiversity patterns of free-living marine nematodes in a tropical bay: Cienfuegos, Caribbean Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 85, p.179-189, 2009.

BONGERS, T.; BONGERS M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 10, p.239-251, 1998.

BONGERS, T.; VAN DE HAAR, J. On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the river Rhine. **Aquatic Ecology**, v. 24, p.37-45, 1990.

BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 14, n. 6, p. 224–228, 1999.

CHALCRAFT, D.R.; RESETARITS, W.J. Mapping functional similarity of predators on the basis of trait similarities. **American Naturalist**, v. 162, p.390–402, 2003.

COULL, B.C.; CHANDLER, G.T. Pollution and meiofauna: field, laboratory, and mesocosms studies. **Oceanography and Marine Biology An Annual Review**, v. 30, p.191– 271, 1992.

DANOVARO, R., GAMBI, C., DELL'ANNO, A., CORINALDESI, C., FRASCHETTI, S., VANREUSEL, A., VINCX, M. AND GOODAY, A. J. Exponential Decline of Deep-Sea Ecosystem Functioning Linked to Benthic Biodiversity Loss. **Current Biology**, v. 18, p.1–8, 2008.

FERRAZ, L. C. C. B. MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, cap. 8, p. 168-201.

FERRIS, H.; BONGERS, T. Nematode Indicators of Organic Enrichment. **Journal of Nematology**, v. 38, n. 1, 2006.

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.

FIGUEIRA, A. F.; BERBARA, R. L. L.; PIMENTEL, J. P. Estrutura da população de nematoides do solo em uma unidade de produção agroecológica no Estado do Rio de Janeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**. v 33, n 2, p. 223-229, 2011.

GOULART, A. M. C. **Análise de dados em estudos de diversidade de nematoides**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 46p.

GOULART, A. M. C. **Diversidade de nematoides em aroecosistemas e ecossistemas naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 71p.

GOULART, A.M.; FERRAZ, L.C.C.B. Comunidades de nematoides em Cerrado com Vegetação Original Preservada ou Substituída por Culturas. **Nematologia Brasileira**, v.27, n.2, p.123-128, 2003.

GYEDU-ABABIO, T. K. et al. Nematodes as indicators of pollution: A case study from the Swartkops River system, South Africa. **Hydrobiologia**, v. 397, p. 155–169, 1999.

HEIP, C., HERMAN, R.; VINCX, M. Variability and productivity of meiobenthos in the Southern Bight of the North Sea. **Rapport et process-verbaux des reunions. Conseil international pour l'Exploration de la Mer**, v. 183, p.507-521, 1984.

LEROY, B.L.M.M.; BOMMELE, L.; REHEUL, D.; MOENS, M.; DE NEVE, S. The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: Effects on soil fauna and yield. **European Journal of Soil Biology**, v.43, p.91-100, 2007.

MORENO, M., SEMPRUCCI, F., VEZZULLI, L., BALSAMO, M., FABIANO, M. AND ALBERTELLI, G. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems. **Ecological Indicators**, v. 11, p.328-336, 2011.

MONDINO. E. A.; et al., Avaliação das comunidades de nematoides do solo em agroecosistemas orgânicos. **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 31, n. 3, p. 509-515, 2009.

MOURA, G. S.; FRANZENER, G. Biodiversity of nematodes biological indicators of soil quality in the agroecosystems. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.84, 1-8, 2017.

MIRTO, S., LA ROSA, T., GAMBI, C., DANOVARO, R. AND MAZZOLA, A. Nematode community response to fish-farm impact in the western Mediterranean. **Environmental Pollution**, v. 116, p.203-214, 2002.

PAVAO-ZUCKERMAN, M.A.; COLEMAN, D.C. Urbanization alters the functional composition, but not taxonomic diversity, of the soil nematode community. **Applied Soil Ecology**, v.35, p.329-339, 2007.

PLATT, H. M.; WARWICK, R. M. The significance of free-living nematodes to the littoral ecosystem. In: J.H. Price, D.E.G. Irvine and W.F. Farnham (Eds.). **The Shore Environment, V. 2: Ecosystems**. Academic Press, New York, p.729-759, 1980.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M.; RITZINGER, R. Nematoides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1289-1296, 2010.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. Bioindicadores da qualidade do solo. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vol. 10, p.195-223, 2013.

SCHRATZBERGER, M., WARR, K., ROGERS, S. I. Functional diversity of nematode community in the south-western North Sea. **Marine Environmental Research**, v. 63, p.368-389, 2007.

STIRLING, G. R. **Biological control of plant-parasitic nematodes: soil ecosystem management in sustainable agriculture**. 2 ed. p. 536, 2014.

VRANKEN, G; HEIP, C. H. R. Toxicity of copper, mercury and lead to a marine nematode. **Marine Pollution Bulletin**, v. 17, p. 453-457, 1986.

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