



Índices nematológicos na avaliação da qualidade biológica de solos submetidos a diferentes manejos⁽¹⁾.

Mércia Soares de Oliveira Cardoso⁽²⁾; Anna Hozana Francilino⁽³⁾; Carolina de Lima França⁽⁴⁾; Mariana Ferreira de Lima David⁽⁵⁾; Mário Monteiro Rolim⁽⁶⁾; Elvira Maria Regis Pedrosa⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

⁽²⁾ Pesquisadora; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife, PE; mercia.cardoso@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Mestranda; UFRPE; Recife, PE; annafrancilino7@gmail.com; ⁽⁴⁾ Mestranda; UFRPE; Recife, PE; carolfranca12@yahoo.com.br; ⁽⁵⁾ Graduanda; UFRPE; Recife, PE; marii.ferreira@live.com; ⁽⁶⁾ Professor; UFRPE; Recife, PE; rolim@deagri.ufrpe.br ⁽⁷⁾ Professora; UFRPE; Recife, PE; elvira.pedrosa@deagri.ufrpe.br.

RESUMO: Os índices ecológicos e a atividade metabólica dos nematoides são ferramentas capazes de monitorar a qualidade do solo. Considerando esta capacidade, o objetivo deste estudo foi utilizar as comunidades de nematoides para avaliar a qualidade biológica de solos submetidos a diferentes manejos. Para isso, três áreas foram analisadas: duas cultivadas com cana-de-açúcar (manejo 1 e 2) e um remanescente de Floresta Atlântica. A área sob manejo 1 é irrigada e a colheita é mecanizada, enquanto que a área sob manejo 2 não é irrigada e a colheita é manual. As amostras de solo foram coletadas em cinco profundidades (0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 cm). As análises da estrutura, composição e atividade metabólica das comunidades de nematoides foram realizadas pelo *Nematode Indicator Joint Analysis* (NINJA). A maior abundância dos nematoides parasitas de plantas (*Pratylenchus*, *Helicotylenchus* e *Meloidogyne*) foi observada na área sob manejo 1, enquanto que as maiores abundâncias de onívoros e parasitas de plantas (*Hoplolaimus*) foram observadas na área sob manejo 2. O solo de floresta apresentou a menor abundância de parasitas de plantas e as maiores abundâncias de bacteriófagos, onívoros e predadores. A área sob manejo 1 apresentou maior distúrbio e a área de floresta apresenta maior potencial de suprimir os nematoides parasitas de plantas, além de possuir a maior capacidade de regular a ciclagem de nutrientes. Desse modo, o manejo altera a dinâmica da cadeia alimentar do solo e, conseqüentemente, a sua qualidade biológica.

Termos de indexação: índices ecológicos, atividade metabólica, NINJA.

INTRODUÇÃO

Os nematoides vêm sendo utilizados como bioindicadores de distúrbios no solo devido ao seu papel-chave na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes do solo (Ferris et al.,

2004). Além disso, estes organismos são abundantes, adaptados a quase todos os tipos de ambientes, possuem especificidade alimentar (Yeates et al., 1993), tem curto ciclo reprodutivo e respondem rapidamente a alterações, demonstrando sensibilidade às ações de manejo (Zhang et al., 2012).

Diversos índices desenvolvidos para a avaliação da qualidade e estrutura da cadeia alimentar do solo indicam o potencial para as funções e serviços dos ecossistemas baseados na abundância relativa das guildas estruturais e funcionais dos nematoides (Bongers, 1990; Ferris & Bongers, 2009). Além do mais, a análise da atividade metabólica indica os canais de utilização do carbono (Ferris, 2010).

Considerando as especificidades dos nematoides, Bongers (1990) desenvolveu o Índice de Maturidade, o qual se baseia na abundância relativa de taxa de nematoides não parasitas de plantas como medida de distúrbios ambientais. O desenvolvimento deste índice foi um significativo avanço na interpretação das relações entre a ecologia de comunidades de nematoides e funções do solo (Neher, 2001).

Um aprimoramento do Índice de Maturidade foi feito por meio da criação de um quadro conceitual por Ferris et al. (2001), no qual foram combinados a escala de sensibilidade à distúrbios e o hábito alimentar dos nematoides. Dentro desse quadro, as guildas funcionais dos nematoides dão origem a um Índice de Enriquecimento e a um Índice de Estrutura, baseados nas trajetórias de enriquecimento e estrutura na cadeia alimentar do solo.

Contudo, essas análises quantitativas das comunidades de nematoides envolvem diversos índices, difíceis de fazer manualmente, consome tempo e são passíveis de erro. Por isso, recentemente o NINJA – *Nematode Indicator Joint Analysis* (Sieriebriennikov et al., 2014) foi proposto como uma ferramenta de monitoramento de solos baseada em análises nematológicas. Em consideração ao exposto, o objetivo deste estudo foi utilizar as comunidades de nematoides para avaliar



a qualidade biológica de solos submetidos a diferentes manejos na Zona da Mata de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de estudo

Foram selecionadas três áreas localizadas na Zona da Mata de Pernambuco (**Tabela 1**): um remanescente de Floresta Atlântica e duas áreas cultivadas com cana-de-açúcar submetidas a diferentes manejos. Na área sob manejo 1, a colheita é mecanizada, é irrigada e o solo é um argissolo de textura arenosa (87 % de areia) e com altos valores de densidade e resistência mecânica à penetração, enquanto que na área sob manejo 2 a colheita é manual, não é irrigada, o solo é latossolo de textura arenosa (95 % de areia). Agroquímicos e fertilizantes foram aplicados em ambas as áreas cultivadas. De acordo com a Classificação Climática de Köppen (Köppen, 1948), o clima em todos os locais de estudo é tropical úmido do tipo 'As' com temperatura média anual em torno de 24°C.

Tabela 1 – Localização das áreas de estudo.

Áreas	Usinas, Município	Zona da Mata	Coordenadas geográficas
Remanescente de Floresta Atlântica	Santa Teresa, Goiana	Norte	7°36'45,7" S 35°00'47,6" W
Cana-de-açúcar (manejo 1)	Santa Teresa, Goiana	Norte	7°36'48" S 34°58'45,9" W
Cana-de-açúcar (manejo 2)	Salgado, Ipojuca	Sul	8°31'29" S 35°03'26" W

Amostragem do solo

As amostras de solo (600 g de solo) foram coletadas em intervalos de 20 m ao longo de dois transectos cruzados de 200 m cada, em cinco profundidades (0-10; 10-20; 20-30; 30-40 e 40-50 cm).

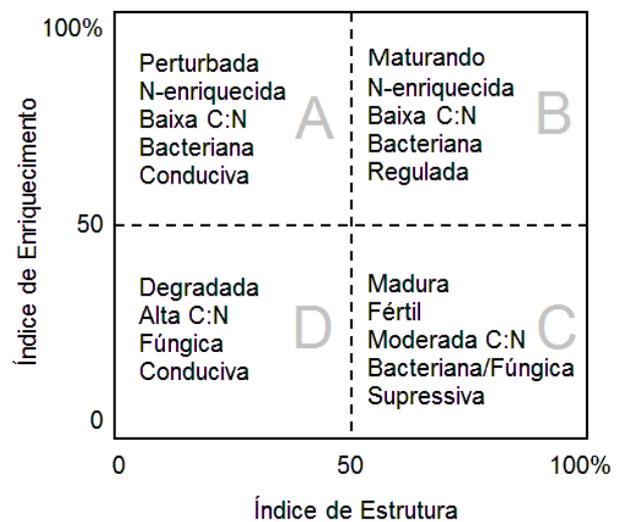
Extração e classificação dos nematoides

As amostras foram processadas, homogeneizadas e os nematoides extraídos de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga em sacarose (Jenkins, 1964). Todos os nematoides foram contados e identificados de acordo com as chaves dicotômicas de Mai et al. (1996). A classificação foi baseada na morfologia do estoma e esôfago de acordo com Yeates et al. (1993): parasitas de plantas, onívoros, predadores, micófagos e bacteriófagos.

Análise da cadeia alimentar do solo e condição ambiental

O perfil das comunidades de nematoides (**Figura 1**) foi construído para indicar se a cadeia alimentar dos solos estudados está perturbada (quadrante A), maturando (quadrante B), estruturada (quadrante C) ou estressada (quadrante D) (Ferris et al., 2001).

Figura 1 – Esquema de interpretação em cada quadrante da análise da cadeia alimentar baseada nas comunidades de nematoides (Adaptado de Ferris et al., 2001).



Quanto à condição ambiental, os quadrantes indicam níveis de distúrbio da área: alto (quadrante A), baixo a moderado (quadrante B), não perturbado (quadrante C) e estressado (quadrante D) (Ferris et al., 2001).

Análise da atividade metabólica dos nematoides

A utilização do carbono foi estimada por meio da atividade metabólica dos nematoides. Essa análise é baseada na biomassa, atividade respiratória e magnitude dos serviços dos componentes da comunidade de nematoides. O cálculo é feito por meio dos parâmetros ecofisiológicos dos nematoides em níveis funcionais e taxonômicos (Ferris, 2010).

Análises dos dados

As análises da estrutura, composição e atividade metabólica das comunidades de nematoides foram realizadas pelo NINJA. Este programa foi proposto por Sieriebriennikov et al. (2014), o qual tem uma linguagem de fácil entendimento e acessível àqueles que buscam avaliar a qualidade de solos, requerendo apenas uma tabela de abundância dos nematoides presentes na área de estudo.

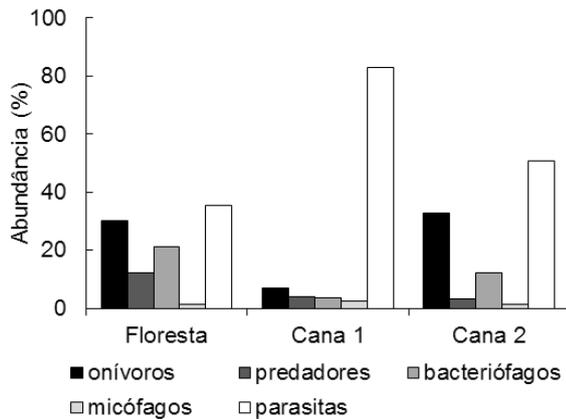


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura de composição das comunidades de nematoides

A estrutura trófica das comunidades de nematoides nas áreas de estudo está plotada na **figura 2**. A maior abundância total foi observada em solo cultivado com cana-de-açúcar sob manejo 1, devido à maior a abundância dos nematoides parasitas de plantas (*Pratylenchus*, *Helicotylenchus* e *Meloidogyne*). Enquanto que no solo cultivado com cana-de-açúcar sob manejo 2, as maiores abundâncias foram de onívoros e parasitas de plantas (*Hoplolaimus*). O solo de floresta apresentou a menor abundância de parasitas de plantas e as maiores abundâncias de bacteriófagos e predadores, quando comparado aos solos cultivados com cana-de-açúcar.

Figura 2 - Estrutura trófica das comunidades de nematoides em solos submetidos a diferentes manejos.



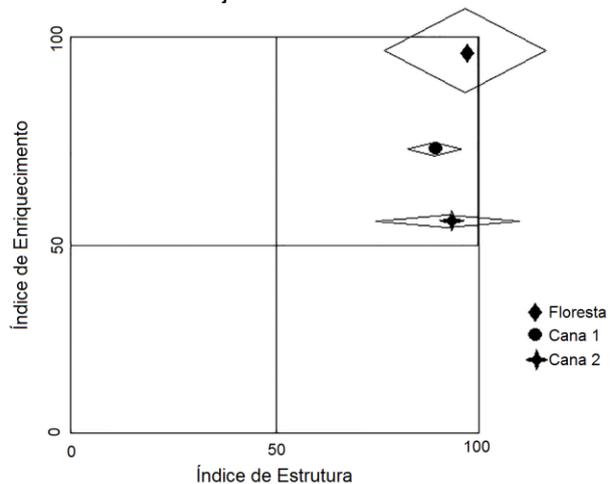
Assim, a estrutura e composição das comunidades de nematoides nas áreas de estudo diferem. Corroborando com estudos recentes, os quais mostram que as práticas de manejo mais intensivas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar resultam em alterações físicas (ex. densidade e porosidade do solo) e biológicas (ex. atividade biológica e nematofauna) quando comparadas às áreas de floresta nativa (Bell et al., 2007; Stirling et al., 2010; Baquero et al., 2012).

Condição ambiental e estrutura da cadeia alimentar

De acordo com a análise da cadeia alimentar do solo (**Figura 3**), as áreas de estudo encontram-se estruturadas, porém a área de floresta apresentou maior valor, indicando uma maior atividade de altos níveis tróficos (ex. nematoides onívoros) e com

maior potencial de suprimir os organismos oportunistas (ex. parasitas de plantas), além de possuir a maior capacidade de regular a ciclagem de nutrientes (Ferris et al., 2001; Sánchez-Moreno & Ferris, 2007; McSorley et al., 2008).

Figura 3 - Análise da comunidade e atividade metabólica dos nematoides para avaliação da qualidade biológica de solos submetidos a diferentes manejos.



O ponto central do losango representa a intersecção do Índice de Enriquecimento e Índice de Estrutura. O comprimento dos eixos vertical e horizontal do losango corresponde à atividade metabólica dos componentes de enriquecimento e estrutura, respectivamente (Ferris, 2010).

A análise baseada na atividade metabólica dos nematoides (**Tabela 2**) indicou que a atividade dos micófagos não teve papel relevante nos canais de recursos dentro da cadeia alimentar dos solos estudados. A maior assimilação de recursos foi decorrente dos canais dos parasitas de plantas no solo cultivado com cana-de-açúcar sob manejo 1 e dos canais dos onívoros na área de floresta e em solo cultivado com cana-de-açúcar sob manejo 2.

Tabela 2 – Atividade metabólica dos grupos tróficos de nematoides em solos submetidos a diferentes manejos.

	Mic	Bac	Pre	Oni	Par
Floresta	34	6.555	3.009	10.898	6.302
Cana 1	83	904	1.077	2.776	8.722
Cana 2	33	1.175	636	9.302	5.447

Mic = micófagos; Bac = bacteriófagos; Pre = predadores; Oni = onívoros; e Par = parasitas de plantas.



Assim, a depender do manejo, o balanço competitivo entre os nematoides do solo pode ser alterado, favorecendo os nematoides parasitas de plantas e reduzindo a abundância dos nematoides onívoros e predadores, os quais regulam a cadeia alimentar do solo (Godefroid et al. 2013; Stirling, 2014).

CONCLUSÃO

O manejo altera a dinâmica da cadeia alimentar do solo e, conseqüentemente, a sua qualidade biológica.

REFERÊNCIAS

- BAQUERO, J. E., RALISCH, R., MEDINA, C. C. et al. Soil physical properties sand sugarcane root growth in a red oxissol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:63-70, 2012.
- BELL, M. J., STIRLING, G. R. & PANKHURST, C. E. Management impacts on health of soils supporting Australian grain and sugarcane industries. *Soil & Tillage Research*, 97:256–271, 2007.
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83:14–19, 1990.
- BONGERS, T. & BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10:239-251, 1998.
- 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*, 18:13-29, 2001.
- FERRIS, H., BONGERS, T. & DE GOEDE, R. G. M. Nematode faunal analyses to assess food web enrichment and connectance. In: COOK, R. C. & HUNT, D. J., eds. *Nematology Monographs and Perspectives 2: Proceedings of the Fourth International Congress of Nematology*. Leiden: Brill Academic Publishers, 2004, p.503-510.
- FERRIS, H. & BONGERS, T. Indices for analysis of nematode assemblages. In: WILSON, M. & KAKOULI-DUARTE, T., eds. *Nematodes as Environmental Biondicators*. Wallingford, UK: CABI, 2009, p. 124-145.
- FERRIS, H. Form and function, metabolic footprints of nematodes in the soil food web. *European Journal of Soil Biology*, 46:97–104, 2010.
- GODEFROID, M., DELAVILLE, L., MARIE-LUCE, S. et al. Spatial stability of a plant-feeding nematode community in relation to macro-scale soil properties. *Soil Biology & Biochemistry*, 57:173-181, 2013.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, 48: 692-695, 1964.
- KÖPPEN, W. *Climatología*. Ciudad de Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479p.
- MAI, W. F., MULLIN, P. G., LYON, H. H. et al. *Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera*. Ithaca: Cornell University Press, 1996. 277p.
- MCSORLEY, R., WANG, K.-H. & CHURCH, G. Suppression of root-knot nematodes in natural and agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 39:291–298, 2008.
- NEHER, D. A. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology*, 33:161-168, 2001.
- SÁNCHEZ-MORENO, S. & FERRIS, H. Suppressive service of the soil food web: effects of environmental management. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 119:75–87, 2007.
- SIERIEBRIENNIKOV, B., FERRIS, H. & DE GOEDE, R. G. M. NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology*, 61:90-93, 2014.
- STIRLING, G. R., MOODY, P. W. & STIRLING, A. M. The impact of an improved sugarcane farming system on chemical, biochemical and biological properties associated with soil health. *Applied Soil Ecology*, 46:470-477, 2010.
- STIRLING, G. R. Impacts of agricultural management on omnivorous nematodes and generalist predators. In: STIRLING, G. R., ed. *Biological control of plant-parasitic nematodes: soil ecosystem management in sustainable agriculture*. Wallington, UK: CABI, 2014, p.164-166.
- YEATES, G. W., BONGERS, T., DE GOEDE, R. G. M. et al. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25:315-331, 1993.
- ZHANG, X., LI, Q., ZHU, A. et al. Effects of tillage and residue management on soil nematode communities in North China. *Ecological Indicators*, 13:75–81, 2012.