

Avaliação das comunidades de nematóides do solo em agroecossistemas orgânicos

Eduardo Ariel Mondino*, Orlando Carlos Huertas Tavares, Adierison Gilvani Ebeling, Adriana França Figueira, Emmeris Ivan Quintero e Ricardo Luis Louro Berbara

*Laboratório de Biologia do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Br 465, Km 7, 23890-000, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: emondino@ufrj.br*

RESUMO. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes sistemas agrícolas na comunidade de nematóides de uma área do Sistema Intergrado de Produção Agroecológica (SIPA) de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro. Os tratamentos consistiram nos seguintes cultivos: 1- abacaxi; 2-feijão; 3- consórcio milho/feijão; 4- araruta; 5- pasto sujo e 6- capoeira. Os parâmetros avaliados foram: Abundância relativa, Grupos tróficos, índices de Shannon, Dominância, Equitatividade, IM, IM2-5, e a Análise faunística dos nematóides. A abundância relativa dos nematóides flutuou entre 0,02 e 0,59, o número de gêneros variou entre 4 e 14 e a riqueza acumulada foi de 21 gêneros. 79% dos nematóides encontrados foram fitófagos, 14,5% bacteriófagos, 4,7% onívoros-predadores e 1,1% micófagos. Os índices que avaliaram a comunidade de nematóides permitiram estabelecê-los como bioindicadores da qualidade dos sistemas de cultivos. O sistema araruta apresentou as melhores condições agroecológicas devido aos valores elevados dos índices de Shannon, Equitatividade, IM, IM2-5 e altos valores de IS.

Palavras-chave: bioindicadores, sistema de cultivo, nematofauna, carbono.

ABSTRACT. Evaluation of nematodes communities in organic agricultural system. This study had the objective to evaluate the effects of different agricultural systems in the community of nematodes in an area of the organic farm in Seropédica, Rio de Janeiro State. The treatments consisted of the following cultivations: 1 - pineapple; 2-bean; 3 - consortium corn/bean; 4 - araruta; 5 - pasture and 6 - capoeira. The appraised parameters were: Relative abundance, trophic group, index of Shannon, Dominance, Equitativity, MI, MI2-5, and the faunistic analysis of the nematodes. The relative abundance floated between 0.02 and 0.59, the number of genus varied between 4 and 14 and the accumulated wealth it was of 21 genus. 79% of the nematodes are plant feeders, 14.5% bacterial-feeders, 4.7% omnivorous-predators and 1.1% fungal-feeders. The indices that evaluated the nematodes community allowed establishing them as bioindicators of the quality of the systems of cultivations. The system araruta presented the best agroecological conditions, due to the high values of the indexes of Shannon, Equitatividade, MI, MI2-5 and higher values of SI.

Key words: bioindicators, agricultural systems, nematofauna, carbon.

Introdução

Os nematóides fazem parte da fauna do solo e interagem diretamente em ecossistemas, como herbívoros em plantas e indiretamente como consumidores da microflora, regulando assim a microflora e a liberação dos nutrientes para as plantas (COLEMAN et al., 1984). Os nematóides são abundantes (+ 3 milhões m⁻² em alguns lugares) e suas comunidades diversas (+ 200 espécies em alguns locais) (YEATES; BOAG, 2003). Sua composição de espécies reflete o substrato, textura, clima, biogeografia, *inputs* orgânicos, e distúrbios naturais e antrópicos (YEATES, 1984; NEHER, 2001). Ou seja, algumas mudanças no manejo e

cobertura do solo levarão as alterações na oferta de seus recursos, refletindo na diversidade da comunidade de nematóides (FERRIS; FERRIS, 1974; WASILEWSKA, 1989).

Em agroecossistemas as mudanças na diversidade de nematóides parasitas de plantas têm recebido maior atenção devido ao impacto econômico desses herbívoros (THOMAS, 1978; FERRIS et al., 1990). Porém, práticas de manejo como o uso de pesticidas, ou matéria orgânica, também são distúrbios que promovem impactos no sistema solo (ELLIOTT; COLE, 1989). Por este motivo a comunidade invertebrada de solo (SILVA et. al., 2008), em particular os nematóides (FRECKMAN, 1988),

possuem vários atributos que os tornam úteis como indicadores ecológicos.

Análises para determinar o efeito de prática de manejo na estrutura e função da comunidade de nematóides são geralmente baseadas em número de espécies, gêneros ou abundância do grupo trófico, biomassa, diversidade como os índices de Shannon (SHANNON; WEAVER, 1949); de Simpson (PIELOU, 1977) entre outros. Frequentemente utiliza-se associações entre espécies parasitas de plantas (TOPHAM et al., 1991). Índices ecológicos adicionais têm sido desenvolvidos para considerar a comunidade de nematóides como um indicador em ecossistemas aquáticos e terrestres como o índice maturidade (IM) e o índice de parasitas de plantas (IPP) (BONGERS, 1990; BONGERS, et al. 1991). Da mesma forma são utilizados índices que diagnosticam a cadeia alimentar do solo, como o índice de enriquecimento (IE), índice de estrutura (IS) e índice canal (IC) (FERRIS et al., 2001). Essas análises oferecem informações complementares que quando usados em combinação revelam informações descritivas e quantitativas da comunidade de nematóide do solo e as condições dos sistemas naturais e/ou agrícolas.

Cada vez mais é necessário conhecer-se os efeitos das práticas agrícolas em agroecossistemas em geral e sobre a biologia do solo, em particular. Assim, utilizaremos a comunidade de nematóides como indicador de qualidade de manejo em sistemas orgânicos de produção. Assume-se que as comunidades dos nematóides são estruturalmente diferentes segundo características do sistema de produção.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar as comunidades dos nematóides sob diferentes sistemas de cultivo, que permitam induzir a qualidade dos agroecossistemas orgânicos.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), em Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, em um Planossolo Háplico. As amostras do solo foram provenientes de áreas submetidas a diferentes sistemas de cultivo.

Cada sistema de cultivo constituiu um tratamento: abacaxi, feijão, consorcio milho-feijão e araruta, instalados após três anos de pousio. O abacaxi (Aba), o feijão solteiro (Fei) e o feijão consorciado com milho (M-f) foram plantados em março de 2007 e a araruta (Ara) em junho de 2006. Para o abacaxi foi utilizado plantio direto e para as outras culturas aração, gradagem e enxada rotativa com microtrator para destorroar e nivelar o solo.

Como testemunhas foram utilizadas duas áreas, adjacentes ao experimento, um pasto sujo (Pas) e uma capoeira (Cap).

Os dados referentes à avaliação da biomassa microbiana nas áreas de estudo, com exceção do pasto sujo, foram obtidos concomitantemente aos de nematóides de acordo com Alcântara et al., (2007) (Tabela 1).

Os tratamentos foram amostrados, em linha zig-zag, seis pontos ao acaso, coletando-se o solo a 20 cm de profundidade. Essas seis amostras foram misturadas para se ter uma amostra composta.

Para a extração dos nematóides, foi usado o método de flutuação-centrifugação como descrito por Caveness e Jensen (1955). Basicamente, 100 g de solo são passados em duas peneiras sobrepostas, uma com malha de 250 μm e outra de 45 μm . O material retido em cada peneira foi suspenso em água, passado para tubos e centrifugados por 7 min. a 3000 rpm (1800 g). O material precipitado na centrifugação foi resuspenso em solução de sacarose com densidade 1,18 e centrifugado novamente por 5 min. a 3000 rpm (1800 g). Finalmente, o sobrenadante foi passado em peneira de 45 μm e o que foi retido foi armazenado em água para a contagem e montagem de lâminas para identificação. A identificação dos nematóides foi feita por observação em microscópio, chegando-se até a categoria de gênero, seguindo Jairajpuri e Ahmad (1992); Fortuner e Raski (1987), Heyns (1971) e Siddiqui (1985).

A comunidade de nematóides foi descrita por meio dos parâmetros ecológicos abaixo.

1) Abundância: abundância total (número total de nematóides em 100 mL de solo); abundância absoluta e relativa (referente ao número e percentagem, respectivamente, de cada gênero sobre a abundância total) conforme Magurran (1988).

2) Diversidade: índice de Shannon-Weaver (H') que confere maior peso às espécies raras sendo, $H' = -\sum p_i \times \log(p_i)$, onde $p_i =$ a frequência da *taxa* "i" (SHANNON; WEAVER, 1949); índice de Simpson (D_s) que dá maior peso a espécies comuns, sendo $D_s = 1/\sum (n_i / N)^2$, onde $n_i =$ n° de indivíduos da *taxa* "i" (SIMPSON, 1949), o índice alto significa dominância de poucas *taxa* (espécies ou gêneros). Equitatividade (J) determina a porção equitativa da diversidade, ou seja, como se distribuem os indivíduos nas *taxa* presentes (PIELOU, 1977).

3) Distúrbio: índice de maturidade (IM) incorpora características ecológicas das famílias baseado na escala de colonizadores-persistentes (*c-p*), um índice mais baixo indica distúrbios, índice

de maturidade 2-5 (IM25) neste índice são excluídos os nematóides com valor $c-p=1$ e o índice de parasitas de plantas (IPP) o qual lista apenas os fitófagos, baseado numa escala $c-p$ de 2 a 5. O IM, o IPP e o IM25 são calculados pela mesma fórmula sendo, igual ao $\sum (v_i) \times f(i)$, onde $v(i)$ = valor $c-p$ que varia de 1 (colonizador) a 5 (persistentes) do taxon "i" (BONGERS, 1990; YEATES, 1994).

O índice de maturidade (IM) pode ser visto como uma medida de distúrbio, com baixos valores indicando um maior distúrbio ambiental e altos valores característica de menor distúrbio. O IM decresce com aumento da atividade microbiana. O índice de maturidade para as *taxa* de fitoparasita (IPP) pode correlacionar-se negativamente com IM, como encontrado por Bongers et al. (1997), ou positivamente como apresentado por Neher e Campbell (1994).

4) Estrutura trófica é descrita com base na distribuição relativa dos grupos tróficos de nematóides classificados pelos hábitos alimentares conhecidos ou pela morfologia do estoma-esôfago em: fitófagos, bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros (YEATES et al., 1993).

5) Os índices de enriquecimento (IE) e estrutura (IS) são baseados na importância como indicadores do grupo funcional de nematóides, como descritores da cadeia trófica do solo. IE é calculado da seguinte maneira $[IE = 100 \times (e / (e+b))]$ onde, $e = K_e \times N_e$, sendo, K_e = peso atribuído ao grupo [Ba_1 (Rhabditidae, Panagrolaimidae e Diplogasteridae) e Fu_2 (Aphelenchoididae, Aphelenchidae e Anguinidae)] e N_e = abundância destes grupos e, $b = K_b \times N_b$ [Ba_2 (Cephalobidae) e Fu_2 (Aphelenchoididae,

Aphelenchidae e Anguinidae)], sendo K_b = peso atribuído aos grupos e, N_b = abundância destes grupos; o (IS) é calculado como, $IS = 100 \times (s / (s+b))$ sendo os grupos $Ba_{3,5}$ (Prismatolaimidae), $Fu_{3,5}$ (Diphtheroidae), $OM_{3,5}$ (Mononchidae, Dorylaimidae e Thornematidae e Qudsianematidae) e $Ca_{2,5}$ (Mononchidae, Dorylaimidae, Discolaimidae, Trypilidae, Aphelenchoididae e Aphelenchidae) e o índice Canal (IC), indicador da via de decomposição predominante no solo, é calculado como $IC = 100 \times (0,8 Fu_2 / (3,2 Ba_1 + 0,8 Fu_2))$ (FERRIS et al., 2001).

Os grupos funcionais foram definidos com uma matriz de características do hábito alimentar, biológica, ecológica e histórico de vida reunidos em uma classificação cp.

Resultados e discussão

Este estudo discute o impacto dos diferentes sistemas de cultivo orgânico sob a comunidade de nematóides do solo. Este grupo foi selecionado por sua importância na direção das repostas funcionais do solo.

Em relação às características químicas do solo os altos teores de matéria orgânica foram encontrados no tratamento capoeira seguido por milho-feijão. O maior teor de K foi encontrado na araruta seguido pelo abacaxi e o menor teor no pasto sujo e capoeira. Os maiores teores de P foram encontrados em milho-feijão, feijão e abacaxi e os menores em pasto sujo e capoeira (Tabela 1).

Para N os teores são significativamente maiores no sistema capoeira seguido de milho-feijão e os menores no sistema araruta e abacaxi. O N acompanha os maiores teores de C no sistema capoeira.

Tabela 1. Análise química, física e carbono da biomassa microbiana do solo encontrados em Planossolo do SIPA no outono de 2007.

	pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	K ⁺	Na ⁺	P	N	C
				----Cmol. dm ⁻³ ----			mg dm ⁻¹	----%----	
Aba	5,8	1,7	0,8	0	1,2	0,03	98	0,49	1,44
Fei	6	2,6	1,6	0	0,3	0,04	106	0,79	1,87
M-f	5,9	2,6	2	0	0,8	0,07	193	1,04	2,74
Ara	6	1,4	1	0	2,3	0,02	55	0,48	1,16
Pas	5,2	1,2	1,3	0,3	0,2	0,02	29	-	-
Cap	4,6	3,4	2,2	0,3	0,2	0,05	34	1,43	4,02
	Ug	GF	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total	Argila natural	C/N
					----%----				
Aba	60	66	85	62	23	6	9	3	3,03
Fei	116	32	78	56	22	7	15	10	2,41
M-f	102	52	79	58	21	6	15	7	2,7
Ara	39	40	83	60	23	8	8	5	2,41
Pas	-	41	73	61	12	7	20	12	-
Cap	118	48	73	57	16	10	17	9	2,88
	RBS		C-BMS		qCO ₂		B/C		
	Mg C-CO ₂ kg solo h ⁻¹		Mg C kg solo ⁻¹		Mg C-CO ₂ g Cmic.h ⁻¹				
Aba	0,4		112,8		0,6		13,5		
Fei	0,2		169,1		0,9		11,8		
M-f	0,2		212,6		1,2		13,5		
Ara	0,1		100,9		2		12,4		
Pas	-		-		-		-		
Cap	0,3		209,6		0,8		23,1		

Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), Respiração da biomassa do solo (RBS), Quociente metabólico (qCO₂), Relação Biomassa microbiana do solo/carbono total do solo (B/C).

O alto qCO₂ no sistema araruta indica correlação com os baixos índices encontrados para biomassa nesta área o qual apresenta menores teores de C e N. A maior umidade (Ug) foi encontrada no sistema capoeira e a menor no sistema araruta (Tabela 1).

A abundância relativa dos nematóides flutuou, nos diferentes tratamentos, entre 0,02 e 0,59, o número de gêneros variou entre 4 e 14, enquanto que a riqueza acumulada foi de 21 gêneros (Tabela 2).

Tabela 2. Abundância relativa de nematóides encontrados em Planossolo do SIPA no outono de 2007, e classificados de acordo com seu tipo de alimentação (YEATES et al., 1993).

Taxa	Tratamentos						Valor cp
	Aba	Fei	M-f	Ara	Pas	Cap	
Fitófagos							
<i>Criconemella</i>	0,19	0,12	0,55	0,13	0,02	-	3
<i>Ditylenchus</i>	0,05	-	-	-	-	-	2
<i>Helicotylenchus</i>	0,11	0,3	0,05	0,13	0,59	-	3
<i>Hemicyclophora</i>	-	-	-	-	-	0,5	3
<i>Meloidogyne</i>	0,02	-	0,05	-	-	-	3
<i>Psilenchus</i>	-	0,02	-	-	-	-	2
<i>Trichodorus</i>	0,02	0,02	-	-	-	-	4
<i>Tylenchus</i>	0,03	0,12	0,08	0,13	0,26	0,25	2
<i>Xiphinema</i>	0,18	0,32	0,03	0,25	-	-	5
Bacteriófagos							
<i>Cruzinema</i>	-	-	0,03	-	-	0,13	2
<i>Mesorhabditis</i>	0,03	0,02	0,05	-	-	-	1
<i>Panagrolaimus</i>	0,1	-	0,03	-	-	-	1
<i>Anaplectus</i>	0,03	-	-	-	0,01	-	2
<i>Plectus</i>	0,03	-	-	0,13	0,01	-	2
<i>Prismatolaimus</i>	-	0,02	-	-	-	-	3
<i>Rhabditis</i>	0,15	-	0,08	-	0,02	0,13	1
<i>Acrobeles</i>	0,03	0,02	-	-	-	-	2
Micófagos							
<i>Aphelenchus</i>	0,03	-	-	-	-	-	2
<i>Diphtherophora</i>	-	0,02	-	-	-	-	3
<i>Paraphelenchus</i>	-	-	0,03	0,13	-	-	2
Onívoros-Predadores							
<i>Dorilaimidae</i>	-	0,05	0,05	0,13	0,08	-	4
Abundancia total	62	66	40	8	91	8	
Riqueza de gêneros	14	11	11	7	7	4	
Riqueza acumulada	21						

A composição da comunidade de nematóides incluiu quatro grupos principais com 20 gêneros e uma família identificados nas amostras do solo: fitófagos (9 gêneros), bacteriófagos (8 gêneros), micófagos (3 gêneros) e onívoro-predador (1 família) (Tabela 2). Dentro dos nematóides identificados no estudo, 79% pertenciam aos fitófagos, 14,5% aos bacteriófagos, 4,7% aos onívoros-predadores e apenas 1,1% aos micófagos.

Aproximadamente 80% da abundância total pertenceu a quatro gêneros: *Helicotylenchus* spp. (30%), *Criconemella* sp. (16%), *Tylenchus* sp. (14%) e *Xiphinema* spp. (13%). A população de *Helicotylenchus* spp. e *Hemicyclophora* apresentaram-se abundantes a elevados níveis (> 50% da abundancia relativa), em níveis intermédios se apresentaram as populações de *Tylenchus* sp. (26%) e *Xiphinema* spp. (25%). Enquanto que em baixo nível as populações de

Criconemella sp. (19%), *Rhabditis* sp. (15%), *Cruzinema* sp. (13%), *Plectus* sp. (13%) e *Paraphelenchus* sp. (13%) e muito baixa *Ditylenchus* sp. (5%), *Meloidogyne* spp. (2%), *Prismatolaimus* sp. (2%), *Acrobeles* sp. (2%) e *Anaplectus* sp. (1%) (Tabela 2). Freckman e Caswel (1985) indicaram que os agroecossistemas são, em geral, dominados por fitoparasitas e bacteriófagos. Da mesma forma Mondino et al. (2006); Cares e Huang (1991); Gomes et al. (2003) reportaram resultados coincidentes para climas temperados e tropicais, respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos índices descritores da comunidade de nematóides. O valor maior do H' foi no abacaxi e o menor no pasto sujo. Com valores intermédios ficaram, em ordem crescente, capoeira; milho-feijão; feijão e araruta. O valor Ds foi maior na parcela de pasto sujo e menor no abacaxi, enquanto o índice de equitatividade apresentou-se com valores altos, excetuando o pasto sujo que apresentou o menor valor de J (Tabela 3). Os maiores valores de H' no sistema abacaxi sob plantio direto e araruta coincidem com o trabalho de Wardle (1995) e Takeda (1995), que detectaram impactos positivos do plantio direto sobre a infiltração, evapotranspiração e a perda de matéria orgânica do solo, além de estimular as comunidades microbianas contribuindo para um aumento da densidade e diversidade de virtualmente todos os grupos da fauna de solo. Esta prática de manejo tem sido considerada como um dos processos chave para a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos tropicais (LAVELLE et al., 1993) e induzem incrementos na diversidade de organismos do solo em geral e nematóides em particular.

Tabela 3. Índices usados para analisar a comunidade de nematóides encontrados em Planossolo do SIPA no outono de 2007.

Índices	Tratamentos					
	Aba	Fei	M-f	Ara	Pas	Cap
H'	1,01	0,76	0,73	0,83	0,49	0,53
Ds	0,12	0,23	0,33	0,16	0,43	0,34
J	0,88	0,73	0,70	0,98	0,58	0,88
S	14	11	11	7	7	4
IM	0,53	0,32	0,45	1	0,37	0,38
IM2-5	0,26	0,30	0,3	1	0,35	0,25
IPP	2,08	3,20	2,23	2,25	2,37	2
IE	89,74	80	57,14	50	80	100
IS	0	94,24	0	80	93,3	0
IC	2,86	0	4	100	0	0

Índice de maturidade (IM), índice de maturidade 2-5 (IM25), índice de parasitismo (IPP), índice de enriquecimento (IE), índice de estrutura (IS) e índice canal (IC).

O valor do índice de dominância foi maior no sistema pasto sujo, o que pode estar associado à biomassa de raízes geradas pela vegetação dominante no sistema que favorece a proliferação de nematóides fitoparasitas, tais como *Helicotylenchus* sp. e *Tylenchus* sp., que são nematóides comumente

associados a pastagens Cares e Huang (1991). Da mesma forma, nestas condições a qualidade da matéria orgânica é baixa, com restos vegetais de alta relação C/N. Assim, não houve estímulo ao desenvolvimento de outros grupos funcionais como o dos bacteriófagos.

Nos índices que avaliam distúrbios, o IM e IM 2-5, refletiram maior estabilidade em araruta (1,0) e (1,0), respectivamente (Tabela 3). Além disso, pode-se perceber que a combinação destes índices permite demonstrar a presença de nematóides oportunistas cp 1, principalmente *Rhabditis*, pela diminuição do IM para IM2-5 em abacaxi, milho-feijão e capoeira (Tabelas 2 e 3). O maior valor do IM no sistema de araruta deve-se a uma maior presença de nematóides da família Dorilaimidae, que apresentam c-p alto que caracteriza os indivíduos com “k-estratégia” (BONGERS, 1990; BONGERS; BONGERS, 1998). Também, devido à presença de micófitos que tem características intermediárias “rk-estratégia”. A presença dos dorilaimídeos é favorecida devido à estabilidade do sistema, considerando o tempo de cultivo de um ano sem práticas agrícolas. Enquanto, a presença dos micófitos (*Paraphelenchus* sp.) devem-se provavelmente a uma produção de hifas pela alta micorrização da cultura araruta. Da mesma forma o índice IM 2-5 foi maior em araruta, favorecido pela falta de distúrbio o que evita a proliferação dos grupos da *taxa* c-p1 (bacteriófagos) indicando baixa atividade microbiana confirmado pelos baixos valores da C-BMS e RBS da araruta (Tabela 1) e também pela manutenção da população de nematóides mais sensíveis ao distúrbio como os persistentes (BONGERS, 1990).

O menor valor do índice IM foi do sistema feijão, como consequência do distúrbio das práticas agrícolas como sistema de preparo do solo e adubação, refletindo altos valores de N e P, dados similares foram apresentados por Ettema et al. (1999).

Por outro lado o IPP foi maior no feijão (3,20), que apresentou menor valor IM (0,32) (Tabela 3). O IPP de modo geral apresentou um padrão oposto ao de IM concordando com Bongers et al. (1997), o sistema feijão mostrou-se com maior valor em função da maior abundância dos nematóides fitoparasitas *Xiphinema* sp., *Helicotylenchus* sp., *Tylenchus* e *Criconebella*. O IPP é maior em feijão em relação a pasto sujo onde se esperaria um maior valor, provavelmente devido aos maiores teores de nutrientes em feijão como P e Ca (Tabela 1) que incrementam o volume de raízes, refletindo maior vigor da planta (BONGERS; FERRIS, 1999) aumentando a capacidade de carrear nematóides

fitoparasitas (BONGERS et al., 1997), quando comparados com pasto sujo.

Nos valores dos índices que diagnosticam a cadeia trófica do solo o IE foi maior em capoeira e menor em araruta. O índice de enriquecimento é uma medida da presença de nematóides bacteriófagos e fungívoros oportunistas. O consórcio milho-feijão e a mata apresentaram alto enriquecimento devido aos altos teores de nitrogênio no solo, levando a um aumento dos nematóides bacteriófagos oportunistas (*Rhabditis* cp1) (Tabela 2), refletindo uma alta densidade de bactérias.

Enquanto o IS foi maior em Feijão, Pasto sujo e araruta, apresentando nos demais tratamentos valor zero. O índice de estrutura indica o estado da cadeia trófica afetada por estresse ou distúrbio (FERRIS et al., 2001).

Na Figura 1 apresenta-se a análise faunal, que é combinação dos valores de IE e IS. O qual permite situar as comunidades de nematóides presentes nas diferentes parcelas nos quadrantes A e B. Esses quadrantes apresentam as seguintes características:

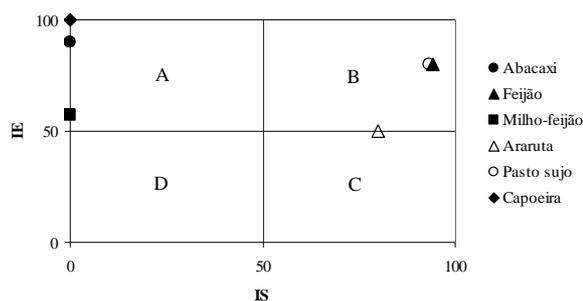


Figura 1. Caracterização dos quadrantes A-D segundo Ferris et al. (2001), Quadro A: pobre desenvolvimento ou condição da cadeia trófica altamente perturbada, N-enriquecido, canal de decomposição por bactérias, baixa relação C/N. Quadro B: condição da cadeia trófica maturando com distúrbio baixo para moderado, N-enriquecido, canal de decomposição balanceada, baixa relação C/N. Quadro C: não perturbado, condição da cadeia trófica estruturada e relativa baixa produção primária, canal de decomposição por fungos, relação C/N moderada para alta. Quadro D: condição da cadeia trófica basal ou degradada, canal de decomposição por fungos, alta relação C/N.

Quadrante A: os sistemas abacaxi, milho-feijão e capoeira apresentam a cadeia alimentar, com distúrbio alto, enriquecido e não estruturado, canal de decomposição por bactérias e relação C/N baixa.

Quadrante B: os sistemas araruta e pasto sujo estão com distúrbio baixo a moderado, enriquecido e estruturado, canal de decomposição balanceado, relação C/N baixa e com cadeia alimentar em condições de maturação.

O IC revelou-se muito maior para araruta em relação aos demais tratamentos, demonstrando com isto, a via de decomposição por meio de fungos em

araruta (FERRIS et al., 2001), coincidindo com a alta micorrização desta cultura.

Os sistemas de cultivo apresentaram condição de enriquecido e não estruturado, enriquecido e estruturado (quadrantes A e B, respectivamente), indicando que a cadeia alimentar está perturbada e em maturação (FERRIS et al., 2001).

Conclusão

O trabalho confirmou a hipótese de que os nematóides são sensíveis ao manejo e que eles podem ser usados como indicadores da qualidade dos sistemas de cultivos orgânicos. Pôde-se demonstrar que o sistema araruta apresentou índices que permitem qualificá-lo como o sistema mais estável nesta área devido aos valores elevados dos índices de Shannon, Equitatividade, IM, IM2-5 e altos valores de IS.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao SIPA, à Disciplina Biologia do Solo-CPGA-CS/UFRRJ e ao Inter American Institute for Global Change Research (IAI CRN II - 14) pelo apoio logístico e financeiro, respectivamente.

Referências

- ALCANTARA, R. M. C.; ARAÚJO, A. M. S.; LIMA, A. A.; HAIM, P. Avaliação da biomassa microbiana do solo em sistemas orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 991-994, 2007.
- 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, n. 6, p. 224-228, 1999.
- BONGERS T.; ALKEMADE, R.; YEATES G. W. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index. **Marine Ecology Progress Series**, v. 76, p. 135-142, 1991.
- BONGERS, T.; BONGERS, T.; VAN DER MEULEN, H.; KORTHALS, G. Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasitic index under enriched nutrient conditions. **Applied Soil Ecology**, v. 6, n. 2, p. 195-199, 1997.
- 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.
- CAVENESS, F. E.; JENSEN, H. J. Modification of centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, v. 22, p. 87-89, 1955.
- COLEMAN, D. C.; ANDERSON, R. V.; COLE, C. V.; McCLELLAN, J. F.; WOODS, L. W.; TROFYMOW, J. A.; ELLIOTT, E. T. Roles of protozoa and nematodes in nutrient cycling. In: TODD, R. L.; GIDDENS, J. E. (Ed.). **Microbial-plant interactions**. Madison: ASA Spec. Publ. 47. ASA, CSSA, and SSSA, 1984. p. 17-28.
- ELLIOT, E. T.; COLE, C. V. A perspective on agroecosystem science. **Ecology**, v. 70, n. 11, p. 1597-1602, 1989.
- ETTEMA, C. H.; LOWRANCE, R.; COLEMAN, D. C. Riparian soil response to surface nitrogen input: temporal changes in denitrification, labile and microbial C and N pools and bacterial and fungal respiration. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 12, p. 1609-1624, 1999.
- FERRIS, V. R.; FERRIS, J. M. Inter-relationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. **Agroecosystems**, v. 1, p. 275-299, 1974.
- FERRIS, H.; MULLENS, T. A.; FOORDK, E. Stability and characteristics of spatial description parameters for nematode populations. **Journal of Nematology**, v. 22, n. 4, p. 427-439, 1990.
- 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.; RASKI, D. J. A review of Neotylenchoidea - Thorne, 1941 (Nemata: Tylenchida). **Revue de Nématologie**, v. 10, n. 3, p. 257-267, 1987.
- FRECKMAN, D. W. Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 24, n. 1-3, p.195-217, 1988.
- FRECKMAN, D. W.; CASWELL, E. P. The ecology of nematodes in agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 275-296, 1985.
- GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 258-266, 2003.
- HEYNS, J. **A guide to the plant & soil nematodes of south Africa**. Balkema: Cape Town, A. A., 1971.
- JAIRAJPURI, M. S.; AHMAD, W. **Dorylaimida, free-living, predaceous and plant-parasitic nematodes**. New York: E. J. Brill, 1992.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v. 25, n. 2, p. 130-150, 1993.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurements**. Cambridge: University Press, 1988.
- MONDINO, E. A.; CHAVES, E. J.; CLAUSEN, A. M. Distribution of nematodes in potato fields soil in Andean Valleys of Argentina. **Revista Facultad de Agronomía UBA**, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2006.

- NEHER, D. A. Role of Nematode in soil health and their use as indicator. **Journal of Nematology**, v. 33, n. 4, p. 161-168, 2001.
- NEHER, D. A.; CAMPBELL, C. L. Nematode communities and microbial biomass in soil with annual and perennial crops. **Applied Soil Ecology**, v. 1, n. 1, p. 17-28, 1994.
- PIELOU, P. C. **Mathematical ecology**. New York: Wiley, 1977.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of information**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- SIDDIQUI, R. M. **Tylenchida parasites of plants and insects**. St Albans: Commonwealth Institute of Parasitology, 1985.
- SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, p. 725-731, 2008.
- SIMPSON, E. H. Measurements of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688-688, 1949.
- TAKEDA, H. Templates for the organization of collembolar communities. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Structure and function of soil communities**. Kyoto: Kyoto University Press, 1995. p. 5-20.
- THOMAS, S. H. Population densities of nematodes under seven tillage regimes. **Journal of Nematology**, v. 10, n. 1, p. 24-27, 1978.
- TOPHAM, P. B.; BOAG, B.; McNICOL, J. W. An assessment of some measures of association between species based on presence/absence and applied to plant-parasitic nematode data. **Nematologica**, v. 37, n. 44, p. 470-480, 1991.
- WARDLE, D. A. Impacts of disturbance of detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. In: FITTER, A. H.; ATKINSON, D.; READ, D. J.; USHER, M. B. (Ed.). **Advances in ecological research**. London: Academic Press, 1995. p. 105-182.
- WASILEWSKA L. Impact of human activities on nematode communities in terrestrial ecosystems. In: CLARHOLM, M.; BERGSTROM L (Ed.). **The ecology of arable land**. Dordrecht: Kluwer, 1989. p. 123-132.
- YEATES, G. W. Variation in soil nematode diversity under pasture with soil and year. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 16, n. 2, p. 95-102. 1984.
- YEATES, G. W. Modification and qualification of the nematode maturity index. **Pedobiologia**, v. 38, n. 22, p. 97-101, 1994.
- 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.; BOAG, B. Growth and life histories in Nematoda, with particular reference to environmental factors. **Nematology**, v. 5, n. 5, p. 653-664, 2003.
- YEATES, G. W.; 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.

Received on November 22, 2007.

Accepted on April 11, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.