

RELAÇÕES ENTRE A NEMATOFUNA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO COM VINHAÇA¹

D. S. S. Matos², E. M. R. Pedrosa^{3*}, L. M. P. Guimarães⁴, C. V. M. A. Rodrigues², and N. M. R. Barbosa⁵

¹Parte da tese da primeira autora. ²Aluna de Pós-graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco Departamento de Agronomia, Brasil ³Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Brasil. ⁴Doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Brasil. ⁵Aluna de graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Brasil. *Autor para correspondência: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil, CEP: 52171-900, Phone: 55-81-85151222, Fax: 55-81-33206205, e-mail: elvira.pedrosa@otr.ufrpe.br

ABSTRACT

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, L. M. P. Guimarães, C. V. M. A. Rodrigues and N. M. R. Barbosa. 2011. Relations between nematode communities and chemical attributes of soil with vinasse. *Nematropica* 41:23-38.

Plant parasitic nematodes induce severe losses to sugarcane in Northeastern Brazil. Although several control measures are recommended for nematode management, none of them has been effective enough in decreasing initial population density and avoiding environmental risks. Many studies have indicated that organic matter plays important role in suppressing nematode population. The objective of the present study was to evaluate effects of the sugarcane irrigation with vinasse on nematode communities and chemical attributes of soil, correlating effects among variables analyzed and sampling net. The experiments were carried out in coastal table and lean areas cultivated with sugarcane irrigated and non irrigated with vinasse. Soil samples were collected at 25-cm deep in 1×1, 10×10 and 50×50 m square net samplings, with 36 points each. Total amount of nematode in the irrigated areas was lower than in non irrigated ones. In coastal tables, phosphorus, calcium, and cation concentration significantly correlated with plant parasite nematodes ($r = -0.17, 0.17,$ and 0.16) and total nematodes ($r = -0.20, 0.21,$ and 0.17), respectively. In lean lands there was negative correlation between magnesium and plant parasitic nematodes ($r = -0.16$). The results pointed out that nematode population dynamics depended on chemical characteristics of the soil.

Key words: fertilization, management, nematode community, *Saccharum* spp.

RESUMEN

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, L. M. P. Guimarães, C. V. M. A. Rodrigues and N. M. R. Barbosa. 2011. Relaciones entre a nematofauna e atributos químicos de solo com vinhaça. *Nematropica* 41:23-38.

Os fitonematóides induzem perdas severas à cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. Embora diversas medidas para controle desses parasitos sejam recomendadas, nenhuma das que evitam riscos ambientais tem se mostrado suficientemente efetiva em reduzir as populações iniciais destes organismos. No entanto, muitos estudos indicam que a matéria orgânica desempenha importante papel supressivo sob os fitonematóides. O presente estudo teve por objetivo avaliar efeitos da fertirrigação com vinhaça nas comunidades de nematóides e atributos químicos do solo, relacionando efeitos entre as variáveis analisadas e a malha de amostragem. Os experimentos foram conduzidos em áreas de tabuleiro e de encosta cultivadas com cana-de-açúcar com e sem aplicação de vinhaça. As amostras de solo foram coletadas a 25 cm de profundidade e em cada área foram estabelecidas malhas de amostragem quadrangulares de 1×1, 10×10 e 50×50 m, cada uma composta por 36 pontos georreferenciados. O total de nematóides na área irrigada foi menor que na área não irrigada. Em tabuleiro, o fósforo, o cálcio e a saturação de bases se correlacionaram significativamente com os fitoparasitos ($r = -0,17; 0,17$ e $0,16$) e total de nematóides ($r = -0,20; 0,21$ e $0,17$), respectivamente. Na área de encosta ocorreu correlação negativa entre magnésio e fitoparasitos ($r = -0,16$). Os resultados obtidos indicaram que a dinâmica populacional dos nematóides é dependente das características químicas do solo.

Palabras clave: chave: fertilização, manejo, nematofauna, *Saccharum* spp.

INTRODUÇÃO

Estima-se que os prejuízos causados pelos fitonematóides na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) sejam superiores a 20% da produção (Dinardo-Miranda e Menegatti, 2003). Os fitonematóides danificam o sistema radicular das plantas, chegando a comprometer a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, o desenvolvimento da cana (Dinardo-Miranda e Menegatti, 2003). Além disso, as altas densidades populacionais dos fitonematóides podem inviabilizar a utilização dessas áreas para novos cultivos, tornando assim, antieconômica, a exploração de certas culturas (Oliveira *et al.*, 2005).

Dentre todas as alternativas de controle de fitonematoses em canaviais brasileiros, a mais comum tem sido o uso de nematicidas químicos, devido aos incrementos de produtividade, que podem chegar a cerca de 40 t ha⁻¹ (Dinardo-Miranda *et al.*, 1998). Entretanto, o uso de nematicidas tem sido questionado quanto à eficácia e pela inconstância dos resultados, além dos impactos negativos causados ao meio ambiente (Barros *et al.*, 2006).

Uma das alternativas para o controle desses parasitos que reduza o uso dos químicos e conseqüentemente os efeitos negativos associados a essa prática é a incorporação de matéria orgânica ao solo pois, ao serem adicionados ao solo, os produtos orgânicos possibilitam aumento da população microbiana antagonista aos fitonematóides (Rodríguez-Kabana *et al.*, 1987; Kaplan *et al.*, 1992), bem como melhora a nutrição das plantas, aumentando dessa forma a tolerância a fitonematóides. Segundo Ricci *et al.* (2004), durante a decomposição da matéria orgânica há liberação de compostos tóxicos no solo, o que explica a redução na população de fitonematóides e o favorecimento de populações de inimigos naturais.

Os nutrientes minerais exercem importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando, não somente o crescimento e a produção das plantas mas, também, o aumento ou a redução da resistência a determinados patógenos (Zambolim e Ventura, 1993). A ausência de um nutriente essencial nos tecidos da planta pode ter reflexo diretamente sobre o patógeno, afetando sua sobrevivência, reprodução e desenvolvimento (Marschner, 1986; Zambolim *et al.*, 2005). Quando todos os elementos minerais estão presentes de forma equilibrada, a resistência aos patógenos pode ser aumentada pela formação de barreiras mecânicas, síntese de toxinas e alterações anatômicas das células (Marschner, 1986).

Por outro lado, a alta geração de resíduos decorrente da produção de álcool tem tornado prática comum a fertirrigação dos canaviais com vinhaça uma vez que, em média, 55% da cana produzida no Brasil se transformam em álcool ocasionando a produção de grandes volumes de vinhaça. Devido à alta carga orgânica e a riqueza em potássio, cálcio, magnésio, sódio e, principalmente, potássio (Feigin *et al.*, 1991), a

principal forma de uso ou aproveitamento desse efluente tem sido aplicação na forma bruta sobre o solo, nas áreas de soqueiras recém cortadas, atuando na mobilização de nutrientes, desenvolvimento microbiano e, também, sobre diversos processos biológicos (Albuquerque *et al.*, 2002; Tenório *et al.*, 2000).

As exigências de uma agricultura competitiva e a preocupação com a integridade do meio ambiente têm estimulado uma demanda crescente para identificação de parâmetros que avaliem, precocemente e de modo eficaz, as alterações ambientais, indicando o nível de qualidade do solo e da sustentabilidade da produção agrícola. Em função da grande importância econômica do controle de nematóides na cultura da cana-de-açúcar, do potencial que representa a vinhaça como fonte de matéria orgânica e de nutrientes ao solo e, no intuito de fornecer subsídios para utilização deste resíduo da agroindústria canavieira no controle de fitonematóides, foi desenvolvido o presente estudo que objetiva, além da descrição da nematofauna nas referidas áreas, correlacionar as variações nos atributos químicos dos solos e nas comunidades de nematóides em função da fertirrigação com vinhaça em áreas de encosta e tabuleiro cultivadas com cana-de-açúcar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas duas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, uma de tabuleiro, onde uma zona era irrigada com vinhaça (07°37'21.1" de latitude sul e 034°59'49.2" de longitude oeste) e outra não irrigada (07°37'18.0" de latitude sul e 034°59'39.6" de longitude oeste) e uma área de encosta: com uma zona irrigada com vinhaça (07°38'42.7" de latitude sul e 034°58'14.2" de longitude oeste) e outra não irrigada (07°35'37.3" de latitude sul e 034°56'55.2" de longitude oeste), todas cultivadas com cana-de-açúcar (variedades RB863129 e RB92579, nas áreas de tabuleiro e encosta respectivamente) e localizadas no Município de Goiana, Estado de Pernambuco. Considerando que algumas variáveis estudadas apresentam dependência espacial, com distribuição agregada no solo, em cada zona foram estabelecidas três malhas quadrangulares de amostragem, cada uma composta por 36 pontos. A primeira malha possuía área de 62.500 m² com distância entre os pontos de 50 m (malha 50×50 m). Na segunda malha (com área de 2.500 m²), a distância entre os pontos era de 10 m (malha 10×10 m) e, na terceira (de 25 m²), a distância entre os pontos de 1 m (malha 1×1 m). A segunda malha foi alocada aleatoriamente dentro da primeira malha e, a terceira malha, dentro da segunda (Figura 1). Os estudos foram conduzidos na estação seca e as amostras coletadas a 25 cm de profundidade. No total, foram coletadas e processadas 532 amostras de solo. Para processamento das amostras de solo adotou-se o método de Jenkins (1964). As suspensões de nematóides obtidas foram mantidas sob refrigeração (4-6°C), realizando-se a identificação e contagem dos espécimes com auxílio de lâminas de

Peters, sob microscópio ótico, utilizando-se a média de três leituras. Os nematóides foram classificados quanto ao hábito alimentar em cinco grupos tróficos (fitoparasitos, bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros) baseado na morfologia da faringe (Yeates *et al.*, 1993). Para os nematóides fitoparasitos foram efetuadas identificações ao nível de gênero de acordo com a chave proposta por Mai *et al.* (1996). A estrutura da nematofauna foi descrita pelos grupos tróficos e pelas razões micófagos/bacteriófagos (M/B) e onívoros+predadores/bacteriófagos+micófagos+fitoparasitos (O+P/B+M+FP), segundo Gomes *et al.* (2003). Em cada ponto amostrado foi realizada análise química do solo. Visando avaliar relações entre taxa da nematofauna e atributos químicos do solo, foram efetuadas análises de correlação de Pearson, utilizando o programa SAS – Statistical Analytical System (SAS Institute, Inc.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nematofauna das áreas encontra-se descrita nas Tabelas 1 e 2. Na área de tabuleiro irrigada com vinhaça foi observada, nas malhas de 1×1 e 10×10 m, redução no número total de nematóides em relação a área não irrigada. Nas áreas de encosta irrigada com vinhaça, houve redução do número total de nematóides em relação à área não irrigada, nas três malhas utilizadas. De modo semelhante Aguilera e Matsuoka (1984) constataram redução nas populações de fitonematóides após aplicação de vinhaça em campos cultivados com cana-de-açúcar. Pedrosa *et al.* (2005) verificaram redução da densidade de ovos e juvenis de nematóides ao aplicarem vinhaça em solo infestado com *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *M. javanica* (Treub) Chitwood, cultivado com cana-de-açúcar.

Na área de tabuleiro não irrigado com vinhaça houve, dentre os fitoparasitos, dominância do gênero *Meloidogyne* 15,61% e 17,65% nas malhas de 1×1 e 10×10 m, respectivamente, e *Pratylenchus* Graham na malha de 50×50 m representando 13,86% do total de nematóides encontrados. Na área de tabuleiro irrigado com vinhaça, houve maior densidade populacional do gênero *Criconebella* Grisse & Loof nas três malhas analisadas. Em relação aos nematóides de vida livre, nas três malhas da área irrigada e nas malhas de 1×1 e 50×50 m da área não irrigada com vinhaça houve dominância dos bacteriófagos, mais precisamente da família Rhabditidae; porém, na malha de 10×10 m, houve maior densidade populacional de onívoros, representados pela família Dorylaimidae com 32,11% do total de nematóides de vida livre (Tabela 1). Segundo Coleman *et al.* (1991), os nematóides bacteriófagos podem reduzir significativamente as populações de bactérias e incrementar a mineralização, melhorando de maneira indireta a produtividade das plantas nos ecossistemas, regulando o total de nitrogênio inorgânico disponível às plantas. Uma população

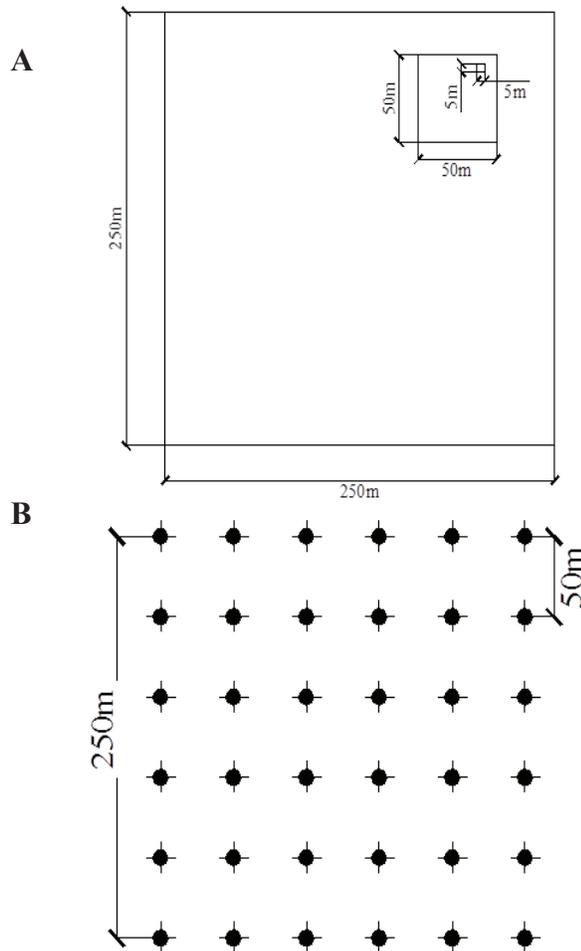


Figura 1. Malha de amostragem quadrangular. A – Área total abrangendo as malhas de 50×50, 10×10, 1×1 m. B – Representação dos pontos de amostragem na malha de 50×50 m.

elevada de bacteriófagos, particularmente da família Rhabditidae, pode indicar alta atividade bacteriana, estando relacionados ao nitrogênio (N) mineralizável do solo (Freckman e Caswell, 1985). Ao alimentar-se da biomassa microbiana com baixa relação C/N, estes nematóides contribuem para aumentar o N disponível à planta, melhorando o crescimento da mesma.

Dentre os fitoparasitos, na área de encosta irrigada com vinhaça, houve dominância do gênero *Pratylenchus* nas malhas de 1×1 e 50×50 m e, de *Meloidogyne*, na malha de 10×10 m. Na área não irrigada *Pratylenchus* sp. predominou nas três malhas (Tabela 2).

Na área de encosta, irrigada e não irrigada com

Tabela 1. Abundância, média e dominância da nematofauna associada às zonas irrigada e não irrigada com vinhaça na área de tabuleiro cultivada com cana-de-açúcar. (cont. d)

Grupos Tróficos	1 metro				10 metros				50 metros			
	A ^w	Média ± DP ^w	D ^x (%)	A	A	Média ± DP	D (%)	A	A	Média ± DP	D (%)	
De vida Livre	12998	361,05±220,60	65,29	4755	132,08 ± 105,89	54,04	7865	218,47 ± 162,92	63,51			
Bacteriófagos												
Cephalobidae	3435	95,42 ± 114,78	17,25	508	14,11 ± 23,39	5,77	933	25,92 ± 38,71	7,54			
Rhabditidae	2832	78,67 ± 65,00	14,22	1128	31,33 ± 51,78	12,82	2932	81,44 ± 90,99	23,68			
Micófagos												
Aphelenchidae	174	4,83 ± 14,67	0,87	56	1,56 ± 6,52	0,64	499	13,86 ± 27,87	4,03			
Onívoros												
Dorylaimidae	5990	166,39 ± 112,26	30,09	2825	78,47 ± 68,93	32,11	3031	84,19 ± 81,93	24,47			
Predadores												
Mononchidae	567	15,75 ± 23,12	2,86	238	6,61 ± 15,37	2,70	470	13,05 ± 23,52	3,79			
Fitoparasitos	6910	191,94 ± 181,69	34,71	4044	112,33 ± 98,76	45,96	4519	125,53 ± 98,04	36,49			
<i>Criconemella</i> sp.	538	14,94 ± 20,36	2,70	222	6,17 ± 19,31	2,52	597	16,58 ± 24,60	4,82			
<i>Meloidogyne</i> sp.	3108	86,33 ± 158,31	15,61	1553	43,14 ± 63,38	17,65	1282	35,61 ± 75,49	10,35			
<i>Paratrichodorus</i> sp.	142	3,94 ± 11,40	0,71	36	1,00 ± 6,00	0,41	23	0,64 ± 3,83	0,19			
<i>Pratylenchus</i> sp.	1837	51,03 ± 51,80	9,23	1074	29,83 ± 37,50	12,21	1716	47,67 ± 61,53	13,86			
<i>Trichodorus</i> sp.	1045	29,02 ± 30,23	5,26	721	20,03 ± 25,15	8,19	507	14,08 ± 24,88	4,09			
<i>Xiphinema</i> sp.	240	6,67 ± 15,73	1,20	438	12,17 ± 25,94	4,98	394	10,94 ± 17,92	3,18			
Nematóides Totais	19908	553,00 ± 333,94	100	8799	244,42 ± 170,57	100	12384	344,00 ± 234,95	100			
M/B		0,03 ± 0,08			0,03 ± 0,09			0,13 ± 0,21				
(O+P)/(B+M+FP)		0,49 ± 0,36			0,34 ± 0,47			0,39 ± 0,41				

^wA (Abundância) = somatório do número de nematóides nas 36 amostras de cada malha em cada área por 300 cm³ de solo, Média ±

DP = Número médio e desvio padrão de nematóides por 300 cm³ de solo em cada malha das 36 amostras

^xD (%) = Dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em percentagem

^yM/B = razão média entre micófagos e bacteriófagos das 36 amostras

^z(O+P)/(B+M+FP) = razão média entre onívoros+predadores e bacteriófagos+micófagos+fitoparasitos das 36 amostras

Tabela 2. Abundância, média e dominância da nematofauna associada às zonas irrigada e não irrigada com vinhaça na área de encosta cultivada com cana-de-açúcar.

Grupos Tróficos	Encosta irrigada com vinhaça									
	1 metro			10 metros			50 metros			
	A ^w	Média ± DP ^w	D* (%)	A	Média ± DP	D (%)	A	Média ± DP	D (%)	
De vida livre	7274	202,06±128,89	76,39	3578	99,39±81,79	46,72	5700	158,33±115,93	52,38	
Bacteriófagos										
Cephalobidae	117	3,25±11,13	1,23	334	9,28±26,14	4,36	296	8,22±23,40	2,72	
Rhabditidae	2607	72,42±71,56	27,38	989	27,47±41,99	12,91	1187	32,97±41,68	10,91	
Micófagos										
Aphelenchidae	146	4,06±11,76	1,53	179	4,97±17,45	2,34	590	16,39±22,50	5,42	
Onívoros										
Dorylaimidae	4046	112,39±65,75	42,49	1706	47,39±39,52	22,28	3178	88,28±86,25	29,20	
Predadores										
Mononchidae	358	9,94±23,50	3,76	370	10,28±19,79	4,83	449	12,47±23,77	4,13	
Fitoparasitos	2248	62,44±85,46	23,61	4080	113,33±111,88	53,28	5183	143,97±129,35	47,62	
<i>Criconemella</i> sp.	577	16,03±24,57	6,06	1269	35,25±40,66	16,57	446	12,39±21,25	4,10	
<i>Meloidogyne</i> sp.	566	15,72±35,73	5,94	1352	37,56±82,04	17,65	1721	47,80±77,71	15,81	
<i>Paratrichodorus</i> sp.	0	0,00	0,00	64	1,78±10,67	0,84	0	0,00	0	
<i>Pratylenchus</i> sp.	674	18,72±40,51	7,08	1205	33,47±36,06	15,73	2089	58,03±76,13	19,19	
<i>Trichodorus</i> sp.	431	11,97±21,56	4,53	164	4,56±13,88	2,15	774	21,50±32,17	7,11	
<i>Xiphinema</i> sp.	0	0,00	0,00	26	0,72±4,33	0,34	153	4,25±13,38	1,41	
Nematóides Totais	9522	264,50±168,92	100	7658	212,72±155,37	100	10883	302,30±205,56	100	
M/By		0,05±0,14			0,13±0,26			0,40±0,35		
(O+P)/(B+M+FP) ^z		0,86±0,50			0,37±0,30			0,50±0,51		

Tabela 2. Abundância, média e dominância da nematofauna associada às zonas irrigada e não irrigada com vinhaça na área de encosta cultivada com cana-de-açúcar. (cont. d)

Grupos Tróficos	Encosta não irrigada com vinhaça											
	1 metro				10 metros				50 metros			
	A ^w	Média ± DP ^w	D ^x (%)	A	Média ± DP	D (%)	A	Média ± DP	D (%)	A	Média ± DP	D (%)
De vida Livre	8898	247,17±136,99	52,60	9290	258,06±158,23	49,88	7841	217,80±144,22	43,55			
Bacteriófagos												
Cephalobidae	0	0,00	0,00	239	6,64±18,87	1,28	224	6,22±22,59	1,24			
Rhabditidae	1264	35,11±38,98	7,47	1508	41,89±46,00	8,10	1749	48,58±68,42	9,71			
Micófagos												
Aphelenchidae	173	4,81±14,29	1,02	300	8,33±25,64	1,61	195	5,42±16,13	1,08			
Onívoros												
Dorylaimidae	4303	119,53±70,16	25,44	6211	172,53±130,53	33,35	4868	135,22±107,83	27,04			
Predadores												
Mononchidae	3158	87,72±102,96	18,67	1032	28,67±57,35	5,54	805	22,36±49,94	4,48			
Fitoparasitos	8018	222,72±141,39	47,40	9333	259,25±186,93	50,12	10162	282,28±209,10	56,45			
<i>Criconemella</i> sp.	840	23,33±37,67	4,96	845	23,47±60,25	4,55	1017	28,25±41,02	5,65			
<i>Meloidogyne</i> sp.	770	21,39±36,85	4,55	1151	31,97±88,62	6,18	1185	32,92±94,46	6,59			
<i>Paratrichodorus</i> sp.	0	0,00	0,00	54	1,50±9,00	0,29	0	0,00	0			
<i>Pratylenchus</i> sp.	4210	116,94±93,23	24,89	4440	123,33±99,85	23,84	5725	159,03±139,56	31,80			
<i>Trichodorus</i> sp.	1774	49,28±55,99	10,49	2666	74,06±72,93	14,31	2081	57,80±69,08	11,56			
<i>Xiphinema</i> sp.	424	11,78±24,41	2,51	177	4,92±13,03	0,95	154	4,28±15,06	0,85			
Nematóides Totais	16916	469,89±219,67	100	18623	517,30±283,59	100	18003	500,08±290,90	100			
M/B		0,14±0,37			0,17±0,39			0,10±0,18				
(O+P)/(B+M+FP)		0,79±0,89			0,64±0,68			0,46±0,50				

^wA (Abundância) = somatório do número de nematóides nas 36 amostras de cada malha em cada área por 300 cm³ de solo, Média ± DP

= Número médio e desvio padrão de nematóides por 300 cm³ de solo em cada malha das 36 amostras

^xD (%) = Dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em percentagem

^yM/B = razão média entre micófagos e bacteriófagos das 36 amostras

^z(O+P)/(B+M+FP) = razão média entre onívoros+predadores e bacteriófagos+micófagos+fitoparasitos das 36 amostras

vinhaça, os onívoros, representados pela família Dorylaimidae, apresentaram maior densidade populacional dentre os grupos de vida livre (Tabela 2), discordando dos resultados obtidos por de Mattos (2002), que encontrou prevalência de Dorylaimidae apenas em solos pouco perturbados. Segundo Yeates *et al.* (1993), por serem nematóides estrategistas tipo K, os onívoros são relativamente sensíveis às perturbações do ambiente. Uma alta percentagem de Dorylaimidae representa pouca intervenção humana no campo (Gomes *et al.*, 2003; Medeiros *et al.*, 2008), fato discordante às práticas canavieiras.

Em todas as malhas da área de tabuleiro irrigada com vinhaça e nas malhas de 1×1 e 10×10 m da área não irrigada, a razão entre micófagos e bacteriófagos (M/B) foi baixa tendo como referência o valor estimado por Neher e Campbell (1994) para culturas anuais M/B=0,11 e bem próximo deste valor na malha de 50 m da área não irrigada (M/B=0,13). O baixo valor da relação demonstra que a via de decomposição do ecossistema em estudo está fundamentada na ação de bactérias, fato associado ao alto teor de matéria orgânica presente na vinhaça, o que explica a abundância de bacteriófagos nas três malhas.

Na área de encosta irrigada com vinhaça a relação M/B foi baixa na malha de 1×1 m (M/B=0,05), próxima ao valor estimado por Neher e Campbell (1994) na malha de 10×10 m (M/B=0,13) e alta na malha de 50×50 m (M/B=0,40). Na área de encosta não irrigada os valores da M/B foram: 0,14; 0,17 e 0,10, nas malhas de 1×1, 10×10 e 50×50 m respectivamente (Tabela 2).

Quanto à razão onívoros+predadores/bacteriófagos+micófagos+fitoparasitos (O+P/B+M+FP), foi verificado, de maneira geral, altos valores, com exceção para as malhas de 10×10 e 50×50 m da área de tabuleiro irrigada com vinhaça (Tabelas 1 e 2). No entanto, Maranhão (2008) e Neher e Campbell (1994) afirmam como sendo característica de cultivo anual, valores mais baixos. Por outro lado, a quase ausência de nematóides pertencentes ao grupo dos predadores no presente estudo é característica de sistemas anuais (Mattos, 2002).

Ocorreram correlações significativas entre os grupos tróficos nas áreas de tabuleiro e de encosta. As correlações significativas mais altas observadas nas áreas de tabuleiro foram entre os nematóides de vida livre e total de nematóides ($r = 0,84$), entre os de vida livre e Dorylaimidae ($r = 0,83$) e total de nematóides com fitoparasitos ($r = 0,82$) (Tabela 3). Nas áreas de encosta as mais altas correlações obtidas foram entre total de nematóides e fitoparasitos ($r = 0,86$), entre os nematóides de vida livre e Dorylaimidae ($r = 0,80$) e entre nematóides de vida livre e total de nematóides ($r = 0,79$) (Tabela 4).

Quanto às características químicas do solo, as mais altas correlações foram verificadas entre potássio e a malha ($r = -0,52$), fósforo e a malha ($r = -0,50$) e matéria orgânica e vinhaça ($r = 0,43$), nas áreas de tabuleiro (Tabela 3). Correlações entre a malha e alguns atributos

do solo reforçam a importância da dependência espacial no comportamento das variáveis analisadas e suas implicações no sistema de amostragem, especialmente em relação às distâncias entre os pontos amostrados. Nas áreas de encosta as correlações mais altas foram entre ferro e vinhaça ($r = -0,67$), matéria orgânica e vinhaça ($r = 0,54$) e zinco e vinhaça ($r = 0,53$) (Tabela 4).

Nas áreas de tabuleiro, o fósforo se correlacionou significativamente, dentre outros, com fitoparasitos ($r = -0,17$) e com total de nematóides ($r = -0,20$). Zambolim e Ventura (1993) observaram redução da população de nematóides do gênero *Meloidogyne* em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) após aplicação de doses frequentes de fósforo no solo. A aplicação de superfosfato pode aumentar a síntese de proteínas e a atividade celular dos tecidos vegetais, proporcionando maior resistência da planta hospedeira aos nematóides, além disso, pode produzir mudanças bioquímicas tais como aumento na quantidade de vitamina C, óleos vegetais, polifenóis, peroxidase e amônia, criando-se um ambiente desfavorável aos nematóides, promovendo redução na fecundidade e população de fitonematóides (Zambolim *et al.*, 2005).

Nas áreas de tabuleiro, houve correlações significativas entre cálcio e fitoparasitos ($r = 0,17$), entre cálcio e total de nematóides ($r = 0,21$), entre saturação de bases e fitoparasitos ($r = 0,16$) e saturação de bases e total de nematóides ($r = 0,17$). Esse resultado corrobora com Sologuren e Santos (1997), que ao estudarem características do solo em reboleras de soja (*Glycine max* L.) parasitadas com *Heterodera glycines* Ichinohe, observaram correlações positivas entre densidades de cistos viáveis e de juvenis de 2º estágio com cálcio, magnésio e saturação de bases. Pinheiro *et al.* (2008) também obtiveram correlações positivas entre cálcio e densidades de cistos viáveis, juvenis de 2º estágio, densidades de cistos não viáveis e ovos por cistos de *H. glycines*. Por outro lado, na área de encosta, foi verificada correlação negativa entre magnésio e fitoparasitos ($r = -0,16$), discordando de Sologuren e Santos (1997).

O pH do solo parece ser importante para a atividade dos nematóides, ainda que seus efeitos sejam indiretos (Rocha *et al.*, 2007), afetando a solubilidade de nutrientes e as populações microbianas do solo. Na área de encosta, o pH se correlacionou positivamente com o total de nematóides ($r = 0,20$). Por outro lado, a falta de correlação significativa entre a maioria dos taxa com teores de potássio, nas áreas de encosta, provavelmente, devem-se ao fato do excesso de cálcio acentuar uma eventual carência de potássio no solo, uma vez que existe antagonismo entre estes dois cátions (Malavolta, 2006).

A matéria orgânica, como esperado, se correlacionou negativamente com nematóides de vida livre, fitoparasitos e total de nematóides, nas áreas de tabuleiro e de encosta (Tabela 3 e 4). A natureza do resíduo orgânico e as propriedades do solo são fatores-

Tabela 3. Coeficientes de correlação significativa entre os taxa que compõem a nematofauna associada à rizosfera da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo em áreas de tabuleiro irrigado e não irrigado com vinhaça. (cont.'d)

	Fe	Cu	Zn	Mn	P	pH	K	Na	Al	Ca	MG	H	SB
Malha	-0,38**				-0,50**	0,19**	-0,52**	0,19**		0,16*	0,15*		0,24**
Vinh	-0,28**	-0,28**	-0,29**	-0,41**		0,15*	0,46**					-0,43**	
Melo	0,18**		0,24**	0,28**									
Prat	0,18*		0,23**	0,21**	-0,24**							0,14*	
Cric	-0,18*												
Tric	0,15*			0,18**			-0,20**					0,19**	
Para	0,15*								0,15*				
Xiph										0,23**	0,19**		0,23**
Ceph			0,19**	0,25**								0,19**	
Dory	0,26**		0,31**	0,37**		-0,18*	-0,23**					0,21**	
Rhab			0,19**	0,23**	-0,21**					0,18*			0,15*
Mono							-0,19**						
VL	0,20**		0,32**	0,39**	-0,17*					0,18*		0,22**	
FP			0,17*	0,19**	-0,17*					0,17*		0,14*	0,16*
TOT	0,15*		0,29**	0,35**	-0,20**					0,21**		0,22**	0,17*

Tabela 3. Coeficientes de correlação significativa entre os taxa que compõem a nematofauna associada à rizosfera da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo em áreas de tabuleiro irrigado e não irrigado com vinhaça. (cont.'d)

	CTC	V	C	M	MO
Malha	0,22**				
Vinh	-0,30**	0,26**	0,34**	-0,20**	0,43**
Melo					
Prat					
Cric			0,18**		
Tric			-0,15*		-0,15*
Para				0,21**	
Xiph	0,22**		0,16*		
Ceph	0,16*		-0,17*		
Dory	0,17*		-0,18*		-0,22**
Rhab	0,18*				
Mono			-0,19**		-0,19**
VL	0,22**		-0,17*		-0,24**
FP	0,21**				
TOT	0,26**				-0,17*

^vMelo=*Meloidogyne* sp., Prat=*Pratylenchus* sp. Cric=*Criconebella* sp. Tric=*Trichodorus* sp., Para=*Paratrichodorus* sp., Xiph=*Xiphinema* sp., Ceph=Cephalobidae, Dory=Dorylaimidae, Rhab=Rhabditidae, Mono=Mononchoidae, VL=vida livre, FP=fitoparasitos, TOT= total de nematóides, Vinh=vinhaça, Fe=ferro, Cu=cobre, Zn=zinco, Mn=manganês, P=fósforo, pH=potencial hidrogeniônico, K=potássio, Na=sódio, Al=alumínio, Ca=cálcio, Mg=magnésio, H=hidrogênio, SB=saturação de bases, V=valor V%, C=carbono, M=massa, MO=matéria orgânica. *significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pela análise de correlação de Pearson

Tabela 4. Coeficientes de correlação significativa entre os taxa que compõem a nematofauna associada à rizosfera da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo em áreas de encosta irrigada e não irrigada com vinhaça.

	Melow	Prat	Cric	Tric	Para	Xiph	Ceph	Dory	Rhab	Mono	VL	FP	TOT
Malha	0,16*									-0,16*		0,15*	
Vinh	-0,47**			-0,42**		-0,18**		-0,31**		-0,29**	-0,32**	-0,44**	-0,47**
Melo			0,27**	0,14*								0,56**	0,42**
Prat				0,34**		0,21**		0,20**	0,24**	0,14*	0,30**	0,73**	0,64**
Cric	0,27**											0,37**	0,24**
Tric	0,14*	0,34**			0,22**			0,36**		0,28**	0,41**	0,62**	0,64**
Para				0,22**			0,14*					0,15*	
Xiph		0,21**										0,28**	0,22**
Ceph					0,14*						0,18**		0,14*
Dory		0,20**		0,36**				0,19**			0,80**	0,29**	0,63**
Rhab		0,24**							0,19**		0,55**	0,20**	0,43**
Mono		0,14*		0,28**							0,49**	0,18**	0,39**
VL		0,30**		0,41**			0,18**	0,80**	0,55**	0,49**		0,37**	0,79**
FP	0,56**	0,73**	0,37**	0,62**	0,15*	0,28**	0,29**		0,20**	0,18**	0,36**		0,81**
TOT	0,42**	0,64**	0,24**	0,64**		0,22**	0,14*	0,63**	0,43**	0,39**	0,79**	0,86**	

Tabela 4. Coeficientes de correlação significativa entre os taxa que compõem a nematofauna associada à rizosfera da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo em áreas de encosta irrigada e não irrigada com vinhaça. (cont. 'd)

	Fe	Cu	Zn	Mn	P	pH	K	Na	Al	Ca	MG	H	SB
Malha		-0,38**			-0,50**	0,19**	-0,52**	0,19**		0,16*	0,15*		0,24**
Vinh	-0,28**	-0,28**	-0,29**	-0,41**	0,15*	0,46**						-0,43**	
Melo	0,18**		0,24**	0,28**									
Prat	0,18*		0,23**	0,21**	-0,24**							0,14*	
Cric	-0,18*												
Tric	0,15*			0,18**			-0,20**					0,19**	
Para	0,15*								0,15*				
Xiph										0,23**	0,19**		0,23**
Ceph			0,19**	0,25**								0,19**	
Dory	0,26**		0,31**	0,37**		-0,18*	-0,23**					0,21**	
Rhab			0,19**	0,23**	-0,21**					0,18*			0,15*
Mono							-0,19**						
VL	0,20**		0,32**	0,39**	-0,17*					0,18*		0,22**	
FP			0,17*	0,19**	-0,17*					0,17*		0,14*	0,16*
TOT	0,15*		0,29**	0,35**	-0,20**					0,21**		0,22**	0,17*

Tabela 4. Coeficientes de correlação significativa entre os taxa que compõem a nematofauna associada à rizosfera da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo em áreas de encosta irrigada e não irrigada com vinhaça. (cont.'d)

	CTC	V	C	M	MO
Malha	0,27**	-0,57**	0,28**	0,41**	0,23**
Vinh			0,54**		0,54**
Melo					
Prat		-0,15*	-0,25**		-0,24**
Cric					
Tric			-0,20**		-0,25**
Para					
Xiph					
Ceph			0,23**		0,23**
Dory			-0,23**		-0,23**
Rhab					
Mono			-0,30**		-0,26**
VL			-0,20**		-0,19**
FP			-0,21**		-0,21**
TOT			-0,26**		-0,25**

^vMelo=*Meloidogyne* sp., Prat=*Pratylenchus* sp. Cric=*Criconebella* sp. Tric=*Trichodorus* sp., Para=*Paratrichodorus* sp., Xiph=*Xiphinema* sp., Ceph=Cephalobidae, Dory=Dorylaimidae, Rhab=Rhabditidae, Mono=Mononchoidae, VL=vida livre, FP=fitoparasitos, TOT= total de nematóides, Vinh=vinhaça, Fe=ferro, Cu=cobre, Zn=zinco, Mn=manganês, P=fósforo, pH=potencial hidrogeniônico, K=potássio, Na=sódio, Al=alúminio, Ca=cálcio, Mg=magnésio, H=hidrogênio, SB=saturação de bases, V=valor V%, C=carbono, M=massa, MO=matéria orgânica. *significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pela análise de correlação de Pearson

chave que podem influenciar a população de nematóides (Akhtar e Malik, 2000). Mesmo considerando os relatos de redução nas populações de fitonematóides após aplicação de vinhaça em campos cultivados com cana-de-açúcar, não foram realizados estudos que descrevam a ação direta deste produto sobre os fitonematóides. No entanto, existem indícios de que a provável ação do resíduo na redução populacional dos parasitos seja de forma indireta, através da proliferação de inimigos naturais e da atividade e biodiversidade dos nematóides, fitoparasitos ou não, no ecossistema (Albuquerque *et al.*, 2002).

No presente estudo, a menor dominância dos endoparasitos *Meloidogyne* sp. e *Pratylenchus* sp. nas zonas irrigadas é um forte indicativo do efeito supressor da vinhaça sobre estes importantes fitopatógenos. No entanto, esse efeito não se estendeu a outros fitonematóides, a exemplo de *Criconebella* sp. que se mostrou tolerante ao resíduo. Por outro lado, a maioria dos taxa encontrados se mostraram sensíveis às variações nos níveis dos micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn no solo, embora as reduções nas densidades populacionais dos nematóides se apresentassem mais fortemente correlacionadas com os aumentos nos níveis de carbono e matéria orgânica promovidos pela adição de vinhaça.

Finalmente, outro importante aspecto a ser considerado refere-se à distribuição agregada das populações do nematóide no campo e à interferência da magnitude dessa dependência espacial sobre a tomada de amostras. Os resultados indicam que a variação das distâncias tomadas entre as amostras afeta mais sensivelmente a abundância do que a dominância dos taxa de nematóides no solo.

LITERATURA CITADA

- Aguillera, M. M. and S. Matsuoka. 1984. Efeitos de resíduos da industrialização da cana-de-açúcar em áreas infestadas por nematóides. *Nematologia Brasileira* 8:22-24.
- Akhtar, M. and A. Malik. 2000. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology* 74:35-47.
- Albuquerque, P. H. S., E. M. R. Pedrosa and R. M. Moura. 2002. Relações nematóide-hospedeiro em solo infestado por *Meloidogyne* spp. e tratado com torta de filtro e vinhaça. *Nematologia Brasileira* 26:27-34.
- Barros, A. C. B., R. M. Moura and E. M. R. Pedrosa. 2006. Estudos sobre aplicações conjuntas de herbicida e nematicidas sistêmicos na eficácia dos nematicidas em cana-de-açúcar. *Fitopatologia Brasileira* 31:254-259.
- Coleman, D. C., A. L. Edwards, A. J. Belsky and S. Mwonga. 1991. The distribution and abundance of nematodes in east african savannas. *Biology and Fertility of Soils* 12:67-72.
- Dinardo-Miranda, L. L., C. C. Menegatti, V. Garcia, S. F. Silva and M. Odorisi. 1998. Reação de variedades de cana-de-açúcar a *Pratylenchus zaeae*. STAB – Açúcar, Alcool e Subprodutos, Piracicaba 17:39-41.
- Dinardo-Miranda, L. L. and C. C. Menegatti. 2003. Danos causados por nematóides a variedades de cana-de-açúcar em cana planta. *Nematologia Brasileira* 27:69-73.
- Feigin, A., I. Ravina and J. Shalhevet. 1991. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Springer-Verlag. 224p. Berlin.
- Freckman, D. W. and E. P. Caswell. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology* 23:275-296.
- Gomes, G. S., S. P. Huang and J. E. Cares. 2003. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira* 28:258-256.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692.
- Kaplan, M., J. P. Noe and P. G. Hartel. 1992. The role of microbes associated with chicken litter in the suppression of *Meloidogyne arenaria*. *Journal of Nematology* 24:522-527.
- Mai, W. F.; P. G. Mullin, H. H. Lyon and K. Loeffle. 1996. Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera. Cornell University Press. 277, Ithaca, NY.
- Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres. 638, São Paulo, SP.
- Maranhão, S. R. V. L. 2008. Comunidade, dinâmica populacional e variabilidade espacial de nematóides em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 126 pp. Recife, Brasil.
- Marschner, H. 1986. Relationship between mineral nutrition and plant diseases and pests. Pp. 369-390 in H. Marschner, ed. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.
- Mattos, J. K. A. 2002. Nematóides do solo como indicadores da interferência humana nos sistemas naturais: aspectos gerais e alguns resultados obtidos no Brasil. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 10:373-390.
- Medeiros, H. A., G. R. C. Torres, I. M. Guimarães, R. Sales Júnior and O. F. Oliveira. 2008. Estrutura trófica e composição da nematofauna em um ecossistema costeiro de dunas. *Caatinga Mossoró* 21:102-112.
- Neher, A. D. and C. L. Campbell. 1994. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology* 1:17-28.
- Oliveira, F. S., M. R. Rocha, A. J. S. Reis, V. O. F. Machado and R. A. B. Soares. 2005. Efeito de

- produtos químicos e naturais sobre a população de nematóide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Tropical 35:171-178.
- Pedrosa, E. M. R., M. M. Rolim, P. H. S. Albuquerque and A. C. Cunha. 2005. Supressividade de nematóides em cana-de-açúcar por adição de vinhaça ao solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 9:197-201.
- Pinheiro, J. B., E. A. Pozza, A. A. A. Pozza, A. S. Moreira, M. C. Alves and V. P. Campos. 2008. Influência da nutrição mineral na distribuição espacial do nematóide de cisto da soja. Nematologia Brasileira 32:270-278.
- Ricci, M. S. F., D. L. Almeida, M. C. A. Fernandes, R. L. D. Ribeiro and M. C. S. Catanheide. 2004. Efeitos da solarização do solo na densidade populacional da tiririca e na produtividade de hortaliças sob manejo orgânico. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35:129-135.
- Rocha, M. R., Y. de Carvalho, G. C. Corrêa, M. G. Cunha and L. J. Chaves. 2007. Efeito da calagem e da adubação potássica sobre o nematóide *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952). Agrociência 11:31-38.
- Rodriguez-Kabana, R., G. Morgan-Jones and I. Chet. 1987. Biological control of nematodes soil amendments and microbial antagonists. Plant and Soil 100:237-247.
- Sologuren, L. J. and M. A. Santos. 1997. Estudo de características químicas do solo em reboleiras de soja com *Heterodera glycines*. Fitopatologia Brasileira 22:339.
- Tenório, Z., O. S. Carvalho, O. R. R. F. Silva, J. M. G. Montes and F. G. López. 2000. Estudio de la actividad biológica de solos de los tableros costeros del NE de Brasil enmendados con residuos agrícolas: vinaza y torta de caña de azúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 4:70-74.
- Yeates, G. W., T. Bongers, R. G. M. De Goede, D. W. Freckman and S. S. Georgieva. 1993. Feeding habits in nematode families and genera – an outline for soil ecologists. Journal of Nematology 25:315-331.
- Zambolim, L., H. Costa and F. X. R. Vale. 2005. Nutrição mineral e patógenos radiculares. Pp. 153-182 in S. J. Michereff, D. E. G. T. Andrade and M. Menezes, eds. Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. UFRPE, Imprensa universitária. Recife, PE.
- Zambolim, L. and J. A. Ventura. 1993. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. Revisão Anual de Patologia de Plantas 1:275-318.

Received:

26/IV/2010

Accepted for publication:

26/I/2011

Recibido:

Aceptado para publicación: