

DAYANE FARIAS LIMA

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NEMATOIDES
EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR**

RECIFE-PE

2018

DAYANE FARIAS LIMA

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NEMATOIDES
EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do Título Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa

Coorientadores: Prof^a. Dr^a. Andréa Chaves Fiuza Porto

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

RECIFE-PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

L732e Lima, Dayane Farias
Efeito da irrigação na distribuição espacial de nematoides em
áreas cultivadas com cana-de-açúcar / Dayane Farias Lima. – 2018.
82 f.: il.

Orientadora: Elvira Maria Régis Pedrosa.

Coorientadores: Andréa Chaves Fiuza Porto e Ênio Farias
de França e Silva

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Solos irrigados 2. Irrigação por gotejamento 3. Porosidade
4. Nematoda 5. Cana-de-açúcar I. Pedrosa, Elvira Maria
Régis, orient. II. Porto, Andréa Chaves Fiuza, coorient. III. Silva,
Ênio Farias de França e, coorient. IV. Título

CDD 631

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NEMATOIDES
EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR**

DAYANE FARIAS LIMA

Dissertação defendida e aprovada em 24 de julho pela Banca Examinadora:

Orientadora:

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa DEAGRI – UFRPE

Examinadores:

Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos
UFAL – Arapiraca

Dra. Thais Fernanda da Silva Vicente
DEAGRI – UFRPE

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva
DEAGRI - UFRPE

DEDICO

A meus pais, Paulo e Maria, e meu irmão Diêgo, que compartilharam meus ideais e os alimentaram, me incentivando a seguir em frente. Difícil encontrar palavras que expressem minha gratidão a vocês. A minha família em especial à minha avó Benedita (In Memoriam). E aos amigos que sempre estiveram ao meu lado e tornaram minha vida mais alegre.

AGRADECIMENTOS

A Deus por esse passo tão importante na minha vida, a Ele toda gratidão confiando que continuarás a conduzir meus passos em direção a tua vontade.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de adquirir conhecimentos e crescer profissionalmente.

Aos mestres que das mais variadas formas, transmitiram umas das maiores virtudes que se pode ter: o conhecimento.

A professora e orientadora Elvira Pedrosa, pelas oportunidades e confiança a mim concedida. Pelo incentivo, atenção, ensinamentos e paciência fundamentais na realização deste trabalho.

A professora Andrea Chaves e ao Professor Ênio Farias, pela coorientação, atenção e ajuda.

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco-Facepe e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa, para a realização do trabalho.

A Usina Japungu e ao agrônomo Dr. Dante Guimarães, por todo apoio fornecido na execução das atividades de campo.

Aos Professores Mário Rolim, Ênio Farias, e Brivaldo Almeida pela oportunidade de realizar parte da pesquisa, oferecendo infra-estrutura de apoio material e laboratorial, para desenvolvimento das análises.

A Daniel Dantas e Laylton Albuquerque por ajudar sempre que Precisei.

Aos Amigos do Laboratório de Nematologia, Carmem Lúcia Abade, Caroline França, Bruno Eduardo, Alain Souza, Thais Fernanda, Aisy Porfirio, Laís Albina, Emerson Paulo, pela disposição em ajudar sempre que precisei.

Aos amigos de turma em especial Roberta Queiroz, Anízio Godoy, Anabel Calva, Leandro Cândido, Andrey Thiago, Valentin Rubens, Frederico Lins, José Edson, Jhon Lenon, Adiel Felipe e Keila Jimenez. Que fazem parte da minha vida, não só acadêmica, mas pessoal, com quem dividi momentos de estudo, mas também descontração, meu muito obrigada.

Aos amigos Gérsia Gonçalves, Fernanda Andrade, Sirleide Menezes, Kleyton Danilo, Pedro Henrique, Vanessa Emanuelle e Gerbson Pinheiro. Pessoas que aprendi a amar e que tive a oportunidade de criar laços que serão levados por toda vida.

Finalmente gostaria de agradecer a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
INTRODUÇÃO	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
<i>CAPÍTULO I</i>	15
REVISÃO DE LITERATURA	16
1.1 A cultura da cana-de-açúcar	16
1.2 Nematoides	17
1.2.1 Influência de nematoides na cana de açúcar	18
1.2.2 Movimentação de nematoides no solo	20
1.3 Importância da irrigação na cultura da cana-de-açúcar e influência na distribuição de nematoides	22
1.4 Movimento de água no solo	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
<i>CAPÍTULO II</i>	30
DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE DE NEMATOIDES EM ÁREA IRRIGADA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR	31
RESUMO	31
ABSTRACT	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
<i>CAPÍTULO III</i>	54
MIGRAÇÃO DE FITONEMATOIDES AO LONGO DO PERFIL DO SOLO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL	55
RESUMO	55
ABSTRACT:	
1. INTRODUÇÃO	56
2. MATERIAL E MÉTODOS	57
3. RESULTADOS	63
4. DISCUSSÃO	68
5. CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81

Lima, Dayane Farias. **EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NEMATOIDES EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR.**

Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2018.

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma das culturas de maior expressividade no Nordeste brasileiro, sendo também a cultura com maior área irrigada no Brasil, atualmente com destaque para a irrigação por gotejamento, por possibilitar o uso mais eficiente da água. Dentre os fatores que limitam a produtividade da cultura destacam-se os nematoides parasitas de planta, os quais se movem através do filme de água no solo. Contudo, estudos em condições de campo sobre a movimentação de nematoides em solo são escassos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da irrigação por gotejamento na distribuição espacial de nematoides em solo cultivado com cana-de-açúcar em tabuleiro costeiro. O estudo abrangeu três intervalos de tempo: um mês antes, três e seis meses após o início da irrigação por gotejamento subsuperficial. As amostras de solo foram coletadas em pontos equidistantes a 0, 20 m, formando malha regular na horizontal e na vertical, nas profundidades de 0,20; 0,40 e 0,60 m. Foi realizada a caracterização física do solo através de análise da textura, densidade de partículas, densidade do solo, condutividade hidráulica e curva de retenção de água no solo; e os nematoides identificados e classificados conforme os grupos tróficos. Os dados foram submetidos à análise univariada e multivariada com medida repetida no tempo, e produzido mapas de contorno. Os nematoides (parasitos ou não) foram mais abundantes a 0,20 m de profundidade, com maiores densidades associadas à maior macroporosidade e porosidade total do solo. Os parasitos de planta, especialmente os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, mostraram maior população três meses após início da irrigação, concentrando-se na periferia do bulbo molhado, com dificuldade de movimentar-se em sentido oposto a vazão de $1,0 \text{ h}^{-1}$. Por outro lado, os gêneros ectoparasitas *Helicotylenchus* e *Criconemella* se mantiveram no interior do bulbo molhado, apresentando menor dificuldade de movimentação em sentido contrário à vazão. Os nematoides de vida livre tiveram distribuições mais uniformes ao longo do tempo, mostrando-se menos influenciados pela irrigação e precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: Comunidade trófica, fitonematoides, fluxo de água, movimento de nematoides no solo, porosidade do solo, *Saccharum*

Lima, Dayane Farias. EFFECT OF IRRIGATION ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF NEMATODES IN AREAS CULTIVATED WITH SUGARCANE. Dissertation. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2018.

ABSTRACT

Sugarcane is one of the most expressive crops in Northeast of Brazil, and the crop with the largest irrigated area, emphasizing the drip irrigation for a more efficient use of water. Among factors decreasing the crop productivity highlight the plant-parasitic nematodes, which move through the water film in the soil. However, field studies on nematodes moving in the soil are scarce. The objective of this work was to evaluate the effect of drip irrigation on nematode's spatial distribution in area cultivated with sugarcane in coastal board. The study covered three intervals of time: one month before, three and six months after subsurface drip irrigation. Soil samples were collected a 0.20 m equidistant points in surface, forming a regular horizontal net, and at 0.20, 0.40, and 0.60 m deep. The soil physical characterization was performed through textural analysis, particle density, soil density, hydraulic conductivity and water retention curve in the soil; and nematodes were identified and classified within trophic groups. Data were submitted to univariate and multivariate analysis with repeated measures, and contour maps were produced. Nematodes (plant-parasitic or not) were more abundant at 0.20 m deep, but higher soil population was associated with higher soil macro and total porosity. The population of plant-parasitic nematodes, mainly *Meloidogyne* and *Pratylenchus*, increased three months after starting irrigation and aggregated in out edge of the wet bulb presenting difficult in moving opposite to $1,0 \text{ L}^{-1}$ water flow. Inversely, *Helicotylenchus* and *Criconemella* kept inside wet bulb with lower difficult to move contrary to flow. Free living nematodes distributed smoothly in time, showing to be less affected by irrigation and precipitation.

KEYWORDS: trophic community, nematode movement in soil, plant-parasitic nematode, soil porosity, water flow, *Saccharum*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Localização da área de estudo no Município de Santa Rita-Paraíba.	34
Figura 2. Distribuição mensal das chuvas, entre os meses de abril de 2017 a março de 2018 em área com cultivo de cana-de-açúcar (Santa Rita –PB). T1- Um mês antes da irrigação; T2- três meses após o início da irrigação e T3- seis meses após o início da irrigação.....	35
Figura 3. Área de amostragem, o ponto azul representa a fita gotejadora, localizada a 0,20m de profundidade. Abaixo da fita se encontra o ponto central equidistante dos demais a 0, 2 m, na vertical e na horizontal.	36
Figura 4. Número de nematoides em área de cultivo de cana-de-açúcar, durante os tempos de amostragem. T1: um mês antes da irrigação, T2: três meses após início da irrigação, T3: seis meses após início da irrigação. Bac: Bacterióagos; Mico: Micófitagos; Oni: Onívoros; Pred: Predadores; PP: Parasitos de Planta.....	40
Figura 5. Número de nematoides em 300 cm ³ de solo em função do tempo e/ou profundidade na área de estudo. A - Nematoides endoparasitas, B - Total de parasitos de planta (ecto + endoparasitas), C – Nematoides ectoparasitas.	46
Figura 6 - Número de nematoides de vida livre em 300 cm ³ de solo, em função do tempo e profundidade na área de estudo.	48
Figura 7 - Comunidade total de nematoide em função do tempo e três profundidades na área de estudo.	49

CAPÍTULO 3

Figura 1. Distribuição mensal das chuvas, abril de 2017 a março de 2018, em área com cultivo de cana-de-açúcar (Santa Rita – PB, Brasil). T1- Final do período chuvoso (30 dias antes da irrigação); T2- três meses após o início da irrigação e T3- seis meses após o início da irrigação.....	58
Figura 2. Representação da área, o ponto azul indica a fita gotejadora (0,20m de profundidade) e logo abaixo desta se localiza o ponto central a partir do qual os demais foram marcados a 0, 2 m um do outro.....	60
Figura 3. Curva característica de retenção de água no solo para as profundidades de 0,20; 0,40 e 0,60 m em solo arenoso de tabuleiro costeiro.....	62
Figura 4. Densidade populacional de nematoides parasitos de planta na área experimental. A – Pratylenchus em função do tempo e profundidade; B – Meloidogyne em função da profundidade, C – Meloidogyne em função do tempo; D – Helicotylenchus em função da profundidade, E - Helicotylenchus em função do tempo, F – Criconemella em função do tempo.....	67
Figura 5. Distribuição de nematoides parasitos de planta ao longo do perfil do solo em três profundidades (0,20; 0, 40 e 0, 60 m) durante três períodos (antes-T1, três-T2 e seis-T3 meses após o início da irrigação) em área cultivada com cana-de-açúcar irrigada na Paraíba, Brasil.....	70
Figura 6. Distribuição dos atributos físicos do solo, em três profundidades (0,20; 0, 40 e 0,60 m) durante três períodos (antes-T1, três-T2 e seis-T3 meses após o início da irrigação) em área cultivada com cana-de-açúcar irrigada na Paraíba, Brasil.....	71

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Comparativo de área, produtividade e produção de cana-de-açúcar para a safra de 2017/18 e a estimativa para a safra 2018/19 na Região Nordeste do Brasil.....16

CAPÍTULO II

Tabela 1. Caracterização física da área de estudo nas três profundidades avaliadas.....37

Tabela 2. Densidade do solo e umidade gravimétrica por tempo, nas três profundidades avaliadas.....37

Tabela 3. Comunidade de nematoides em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.....39

Tabela 4. Comunidade de nematoides na profundidade de 0,20 m em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.....42

Tabela 5 – Comunidade de nematoides na profundidade de 0,40 m em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.....43

Tabela 6 - Comunidade de nematoides na profundidade de 0,60 m em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.....44

CAPÍTULO III

Tabela 1. Densidade do solo, umidade gravimétrica e porosidade total por tempo e nas três profundidades avaliadas.....60

Tabela 2. Condutividade hidráulica saturada, densidade de partículas e análise textural, para três profundidades em solo de tabuleiro costeiro.....61

Tabela 3. Estatística descritiva dos nematoides parasitos de planta associados à cana-de-açúcar em áreas de tabuleiros costeiros no Estado da Paraíba, antes e após a irrigação.....64

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar apresenta grande importância socioeconômica para o Brasil, gerando emprego e renda para os locais de cultivo. É cultivada amplamente no Nordeste do País sendo uma das principais atividades econômicas da região. Além de ser usada para a produção de açúcar, destaca-se a produção de etanol como biocombustível, e a geração de energia a partir do bagaço, por isso seu cultivo tem se expandido, especialmente em regiões de clima tropical.

A produção do Nordeste de cana-de-açúcar tem sido baixa quando comparada à região sudeste, em especial ao Estado de São Paulo, o maior produtor nacional. Este fato deve-se a diversos fatores entre eles a baixa fertilidade dos solos arenosos dos tabuleiros costeiros, irregularidade pluviométrica, topografia acidentada, com encostas pouco produtivas e não mecanizáveis, e o uso constante de poucas variedades, sem o manejo necessário, o que proporciona acúmulo de problemas fitossanitários, com destaques para as nematoses, micoses, raquitismo das soqueiras, cupins, cigarrinhas e brocas (MOURA, 2010).

Quanto às nematoses, são duas as mais importantes para o Nordeste: a meloidoginose, causada por espécies do gênero *Meloidogyne*, conhecido como “nematóide das galhas”, e a pratilencose causada, principalmente, pela espécie *Pratylenchus zeae* Graham promovendo sérias lesões radiculares (MOURA et al., 2000). Esses parasitos apresentam pelo menos parte de seu ciclo de vida no solo, seu principal habitat.

A avaliação do padrão comportamental do movimento desses organismos na solução do solo em direção a planta hospedeira é escassa (FUJIMOTO et al., 2010; PAZHAVARICAL, 2009). Em ambientes homogêneos, os nematoides apresentam movimentos deliberados e correlacionados, os quais criam padrões para explorar áreas maiores (NEHER, 2010).

Atributos edáficos, tais como textura, umidade e temperatura do solo, tamanho e quantidade de poros e capacidade de retenção de água também influenciam seu movimento. Por meio de órgãos sensoriais, os nematoides parasitos de planta são capazes de identificar estímulos químicos ambientais (quimiotaxia), como variações na concentração de gás carbônico e oxigênio e exsudatos produzidos pelos vegetais (ROBINSON; PERRY, 2006), movendo-se para longe de regiões inapropriadas para sobrevivência, ao mesmo tempo em que são guiados para possíveis hospedeiros (BEHN, 2012).

Os nematoides se distribuem de forma agrupada nos campos, e este arranjo é definido por dois componentes: a distribuição vertical e horizontal destes organismos no solo (JOURNEL, 1989). Ainda segundo o autor agregação de nematoides é considerada como uma consequência de uma estratégia de reprodução e mecanismos de dispersão, e este tipo agregado implica em dependência espacial dos dados.

Alguns estudos relatam os efeitos de fatores físicos e químicos sob o movimento de nematoides no solo e, conseqüentemente, sob a eficiência do parasitismo (FUJIMOTO et al., 2009; PAZHAVARICAL, 2009), pois qualquer inibição de movimento acarreta em modificações na dinâmica populacional de nematoides no solo.

Estudos pioneiros (PROT, 1980) relatam que juvenis de *Meloidogyne* spp. movimentam-se no filme de água do solo antes de infectar a planta hospedeira através de gradientes de umidade e salinidade do solo, além de utilizar exsudatos radiculares adsorvidos as partículas de argila do solo para localizar tal hospedeira.

Mais recentemente, Fujimoto et al. (2009, 2010) relataram que juvenis de *M. incognita* se movimentam por maiores distâncias em solos arenosos e que, sob fluxo contínuo de água, a taxa de movimentação de tais organismos aumenta com o tempo, ao passo que, sem fluxo de água, os nematoides se redistribuem igualmente no perfil do solo, influenciando a capacidade de infectar a planta hospedeira. Contudo, estudos sobre como o fluxo de água no solo afeta o movimento de nematoides ainda são escasso, especialmente em condições de campo, uma vez que os poucos trabalhos existentes restringe-se a colunas de solos (FUJIMOTO et al., 2009;2010; BARROS et al., 2016; FRANCILLINO et al., 2017).

Desta forma, objetivou-se com o trabalho estudar o efeito da irrigação por gotejamento na distribuição espacial de nematoides em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em tabuleiro costeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, P. A.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H.; ROLIM, M. M.; DAVID, M. F. L. Dinâmica populacional de fitonematóides sob regimes de fluxo de água em colunas de solo. **Nematropica** v. 46, n. 2, p. 244-260, 2016

BEHN, J.L. **Comparison of methods and corn types for efficient extraction of endoparasitic nematodes**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – University of Nebraska, Lincoln, 125 f. 2012.

FUJIMOTO, T; HASEGAWA, S.; OTOBE, K; MIZUKUBO, T. The effect of soil water flow and soil properties on the motility of second-stage juveniles of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 1065-1072, 2010

FUJIMOTO, T; HASEGAWA, S.; OTOBE, K; MIZUKUBO T. The effect of water flow on the mobility of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in columns filled with glass beads, sand or andisol. **Applied Soil Ecology**, v.43, p. 200-205, 2009

FRANCILINO, A. H.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; CARDOSO, M. S. O.; MARANHÃO, S. R. V. L. Efeito do fluxo de água, isca vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *Pratylenchus coffeae*. **Nematropica** v. 47, n. 1, 2017

JOURNAL AG. Fundamentals of geostatistics in five lessons. **American Geophysical Union**, p. 134, 1989

NEHER, D. A. Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. **Annual Reviews of Phytopathology**, v. 48, p. 371-394, 2010

MOURA, R.M.; PEDROSA, E.M.R.; MARANHÃO; S.R.V.L.; MACEDO, M.E.A, MOURA, A.M., SILVA. E.G.; LIMA, R.F. Ocorrência dos nematoides *Pratylenchus zeae* e *Meloidogyne* spp. em cana-de-açúcar no Nordeste. **Fitopatologia Brasileira**. v. 25, p. 101–103, 2000.

MOURA, R. M. Um sistema integrado de controle de fitonematóides da cana-de-açúcar para o Nordeste. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**. v. 7, p.50-61, 2010.

PAZHAVARICAL, S. **Investigations on the early stages of interactions between the nematodes *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus thornei* and two of their plant hosts**. Doutorado- University of Western Sydney. p, 244, 2009

PROT, J.C. Migration of plant parasitic nematodes towards plant roots. **Reveu de Nématologie**, v. 3, n. 2, p. 305-318. 1980.

ROBINSON, A. F.; R. N. PERRY. 2006. **Behaviour and sensory perception**. p. 210-233 in R.N. Perry and M. Moens (eds.). **Plant Nematology**. Wallingford, UK: CAB International.

REVISÃO DE LITERATURA

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A cultura da cana-de-açúcar

Pertencente à família Poaceae (gramíneas), a cana-de-açúcar (gênero *Saccharum*) é uma cultura de grande importância social, econômica e ambiental para o Brasil (BRUNINI, 2016), segundo dados da CONAB (2018) esta ocupa 8,7 milhões de hectares, com uma produção de aproximadamente 633,2 milhões de toneladas. O estado de São Paulo se destaca com a maior área e maior produção no país, com aproximadamente 4,5 milhões de hectares e 349,2 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB 2018).

O cultivo de cana-de-açúcar na região Nordeste do Brasil é realizado desde a época colonial, o qual se concentra, principalmente, nas regiões litorânea e agreste dos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba (OLIVEIRA et al., 2016). Sendo a Zona da Mata a região que apresenta as melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura e com grande potencial para sua produção bem como para a produção de etanol (OLIVEIRA; BRAGA, 2011).

Contudo sua produtividade é considerada baixa, quando comparada com outras regiões produtoras como Minas Gerais, com 78,8 Mg ha⁻¹, Goiás com 77,4 Mg ha⁻¹ e São Paulo, com 76,6 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2018). Na Tabela 1, é possível observar os dados referentes ao cultivo de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro referente à safra de 2017/18 e a estimativa para 2018/19.

Tabela 1. Comparativo de área, produtividade e produção de cana-de-açúcar para a safra de 2017/18 e a estimativa para a safra 2018/19 na Região Nordeste do Brasil.

UF	Área (em mil ha)			Produtividade (em kg/ha)			Produção (em mil t)		
	Safra	Safra	Variação	Safra	Safra	Variação	Safra	Safra	Variação
	2017/18	2018/19	%	2017/18	2018/19	%	2017/18	2018/19	%
MA	38,0	37,2	2,2	58,419	60,566	4,4	2.220,5	2.258,3	1,7
PI	15,7	17,4	10,6	54,106	57,555	6,4	850,0	1.000,3	17,7
CE	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-
RN	57,8	56,3	2,6	43,539	47,078	8,2	2.516,1	2.650,0	5,3
PB	119,6	119,7	0,1	48,742	49,005	0,5	5.829,5	5.866,9	0,6
PE	223,2	225,2	0,9	48,470	51,772	6,8	10.819,0	11.660,1	7,8
AL	303,8	301,7	0,7	44,416	44,213	1,6	13.646,9	13.339,1	2,3
SE	37,0	41,1	11,2	46,492	48,407	4,1	1.718,8	1.990,0	15,8
BA	47,1	44,6	5,2	75,185	78,994	5,1	3.539,7	3.525,5	0,4
NE	842,2	843,2	0,1	48,849	50,153	2,7	41.140,5	42.290,2	2,8

FONTE: CONAB 2018

A cana-de-açúcar é uma cultura semiperene por possibilitar várias colheitas ou cortes depois de cada reforma realizada no canavial (VITTI et al., 2007). É responsável por 70% da produção do açúcar mundial, superando a beterraba, sendo utilizada também como fonte de energia. Por isso, o cultivo da cana-de-açúcar tem-se expandido sobretudo em regiões de clima tropical e subtropical (CAMPOS et al., 2014).

A agroindústria da cana-de-açúcar caracteriza-se como uma das principais atividades geradoras de ocupação no meio rural. O setor gera um milhão de empregos, sendo 511 mil no campo e o restante dividido entre a produção de açúcar e álcool (SEVERINO, 2007). Os subprodutos da cana-de-açúcar também tem ganhado importância na geração de energia a partir do bagaço. As tecnologias desenvolvidas resultam no nível baixo de emissão de poluentes produzidos, reduzindo os impactos ambientais (OBICI, 2011).

Apesar de se desenvolver em solos de baixa fertilidade ou com condições físicas desfavoráveis, a cana-de-açúcar é uma cultura que responde aos solos férteis e fisicamente adequados, atingindo altas produtividades nestas condições. Os solos ideais para o desenvolvimento da cana-de-açúcar são bem arejados e profundos, com boa retenção de umidade e alta fertilidade (EMBRAPA, 2018). A produtividade de cana-de-açúcar em seus ciclos agrícolas, depende das condições químicas e físico-hídricas das camadas superficiais e sub-superficiais dos solos, juntamente com as condições climáticas, formando os chamados ambientes de produção (VITTI; PADRO, 2012).

Os estados nordestinos, com longa tradição no cultivo desta gramínea, tem sistematicamente perdido posições no ranking nacional dos estados produtores, devido à baixa produtividade agrícola (MOURA e OLIVEIRA, 2008). Dentre os fatores que contribuem para este fato destacam-se os nematoides parasitas da cana-de-açúcar que reduzem drasticamente o crescimento e a sustentabilidade da produção (BERRY et al., 2008).

Outro ponto a ser levado em consideração é o fato de a água ser um fator limitante quando se busca extrair o potencial produtivo. Na cana-de-açúcar, a água corresponde a aproximadamente 71% de sua massa fresca. Em todas as pesquisas envolvendo culturas de sequeiro e irrigada, as conclusões são unânimes em afirmar o incremento de produção da cultura irrigada em relação à cultura sem irrigação (DALRI; CRUZ, 2008).

1.2 Nematoides

O filo Nematoda é altamente diversificado em termos de riqueza de espécies e um dos mais abundantes grupos metazoários na terra. É estimado que nematoides compreendam cerca de 90% de todos os organismos multicelulares (OLIVEIRA et al., 2011). Estes são organismos semiaquáticos, pois dependem de um filme de água para viver e se locomover por entre os espaços porosos no solo. Ademais são encontrados em praticamente todos os ambientes possuindo diferentes hábitos de alimentação (VICENTE, 2016).

De acordo com o hábito de alimentação, e consequentes características do estoma e esôfago, os nematoides podem ser classificados em diferentes grupos, sendo os mais estudados: bacteriófagos, que se alimentam de grande quantidade de bactéria; micófagos, que se alimentam das hifas dos fungos; onívoros, que possuem mais de uma fonte de alimentação durante seu ciclo; predadores, que se alimentam de protozoários bem como outros nematoides; e parasitos de planta, cuja fonte de alimentação é as plantas vasculares (YEATES et al., 1993).

Os nematoides de vida livre representam a maioria dos nematoides descritos (YEATES et al., 2009), estes se relacionam com a decomposição da matéria orgânica do solo. Como ocupam nichos alimentares baseados em uma série de recursos alimentares são afetados por fatores físicos como tamanho de poros, umidade e temperatura (AVERY; THOMAS, 1997). Assim, a abundância e a diversidade de nematoides podem alterar-se sob as variadas mudanças ambientais (RITZINGER et al., 2010). Devido a estes fatores, tais organismos podem ser utilizados como bioindicadores de qualidade do solo.

Os nematoides parasitos de plantas também são chamados de fitonematoides e podem ser classificados como ectoparasitos e endoparasitos, estando os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* enquadrados na segunda categoria (MBEGA; NZOGELA, 2012). Ainda segundo o autor, dentre os nematoides que habitam o solo, os parasitos de planta são os mais estudados em consequência dos danos que causam às culturas, ocasionando perdas econômicas para a agricultura mundial, calculada na casa dos bilhões de dólares

Estes representam um dos principais problemas fitossanitários para diversas culturas de importância agrícola no mundo. Esses parasitas causam severos danos e perdas significativas à produtividade agrícola, prejudicando a agricultura não somente por reduzir as colheitas, mas também pelas perdas qualitativas (BARROS et al., 2016).

1.2.1 Influência de nematoides na cana de açúcar

Quando se questiona a respeito das principais dificuldades na manutenção de uma lavoura de cana-de-açúcar, com ganhos crescentes e que atenda a demanda industrial por produção de boa qualidade, certamente alguns aspectos devem ser considerados, entre eles aqueles relacionados com a fitossanidade da cultura (SEVERINO, 2007).

Em canaviais do mundo inteiro, os nematoides endoparasitos são reconhecidos frequentemente como indutores da maior parte das perdas de produção agrícola causadas por fitopatógenos (ROSA et al., 2004). A cultura da cana-de-açúcar é suscetível a várias espécies de nematoides, nas diferentes regiões produtoras do mundo, e os danos à produtividade são crescentes em função da monocultura e intenso uso do solo (BELLÉ et al., 2017; BARBOSA, 2008). Quando em altas populações causam danos severos ao sistema radicular, que se torna mal desenvolvido, resultando em reduções significativas na produtividade agrícola (OBICI, 2011).

Como os nematoides, usualmente, não estão uniformemente distribuídos na área toda, no campo, são observadas reboleiras de plantas subdesenvolvidas, frequentemente exibindo clorose e acentuadas necroses de raízes. O diagnóstico seguro, no entanto, requer a análise de amostras em laboratório para a detecção dos nematoides (BARBOSA, 2008).

Nas tradicionais regiões produtoras um dos principais problemas que tem reduzido a produtividade da cana-de-açúcar é o ataque de fitonematoides, principalmente dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* (REZENDE JUNIOR; VICENTE, 2011). Dentre as espécies de nematoides importantes para a cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro, destacam-se *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood e *Pratylenchus zea* Graham (BARROS et. al, 2005).

Os nematoides dos gêneros *Meloidogyne*, conhecidos também como nematoides das galhas, são endoparasitas sedentários, ou seja, após penetrarem na raiz estabelecem um sítio de alimentação formado por cinco a seis células nutritoras e tornam-se sedentários até o final de seu ciclo de vida (BARBOSA, 2008). Plantas de cana-de-açúcar parasitadas por *Meloidogyne* spp. apresentam sintomas na parte aérea como redução do vigor, folhas menores e com tonalidades diversas e redução da produção de sacarose. Além disso, raízes da cana-de-açúcar infectadas por esse patógeno exibem pequenos engrossamentos, denominados de galhas (BELÉ et al., 2014).

Os nematoides dos gêneros *Pratylenchus*, conhecidos também como nematoides das lesões radiculares, são endoparasitas migradores, ou seja, penetram e necrosam a

região do córtex da raiz, preferencialmente as radículas, ovipositando durante seu caminhamento (BARBOSA, 2008).

Em estudos realizados em Pernambuco por Moura et al. (1999) foi observado que entre as espécies de fitonematoides *P. zae* apresentou altas frequências e altos níveis populacionais. Para essa espécie, foram registrados em relação a todos os campos amostrados, 100% de ocorrência e uma média de 470 espécimes por 100 mL de solo. Os nematoides das lesões radiculares da cana-de-açúcar e os nematoides das galhas são considerados os mais importantes fatores indutores de baixas produtividades no Nordeste (MOURA; OLIVEIRA 2008).

1.2.2 Movimentação de nematoides no solo

A locomoção dos fitonematoides é principalmente serpentiforme, portanto, um primeiro ponto relevante a ser considerado é que a dispersão, ou disseminação, de fitonematoides no solo se fosse realizada exclusivamente através de movimentos próprios seria bastante limitada, sendo plausível estimar que não excedesse a alguns centímetros durante toda uma safra agrícola (FERRAZ e BROWN, 2016).

Embora algumas espécies de fitonematoides eclodam no interior da planta hospedeira, e, conseqüentemente, tenha que migrar através dos tecidos da planta, no solo, após a eclosão do ovo, o fitonematoide se move em filmes de água que cobrem as partículas de solo, movimentando-se através de espaços de poros, cujo tamanho depende do tamanho dos poros do solo (FRANCILINO, 2016).

Após a eclosão, os fitonematoides migratórios frequentemente se movem no solo durante os demais estádios do ciclo de vida, alimentando-se de várias áreas do sistema radicular (BEHN, 2012) e conseqüentemente, para se alimentarem e completarem o ciclo possuem capacidade natural de se movimentarem livremente entre as partículas do solo pela água (BARROS et al., 2016). Já os sedentários migram até encontrar uma fonte de alimentação, permanecendo no mesmo local até ao final do seu ciclo ou do hospedeiro (BEHN, 2012).

Como são organismos que se movem pelo espaço poroso do solo, o movimento dos nematoides e o dano que eles produzem são influenciados pelas propriedades morfológicas do solo (NEHER et al., 1999). Sendo que fatores como tamanho das partículas, diâmetro dos poros, diâmetro dos nematoides e a espessura do filme de água do solo interferem nesse movimento (LAUGHLIN; LORDELLO 1977).

Quando o solo está saturado, quase todo o espaço poroso é preenchido com água. Na medida em que o solo seca, parte dos seus poros é preenchida com ar, diminuindo o

fluxo e conseqüentemente o movimento dos nematoides, visto que o nematoide não pode mover-se entre as partículas do solo quando o diâmetro do poro é menor que a largura do seu corpo (GEORGIS; POINAR, 1983).

Os nematoides movem-se ao longo de uma pista sinusoidal através de partículas do solo mostrando uma mudança progressiva na curvatura ao longo do seu comprimento (WALLACE, 1968). No entanto, a migração ativa no solo ocorre somente quando a umidade, a textura e a temperatura do solo são favoráveis (WALLACE, 1973; CASTILLO e VOVLAS, 2007). A umidade do solo deve estar por volta de 40% a 60% da capacidade de campo, uma vez que solos saturados são desfavoráveis à movimentação (FRANCILINO, et al 2017). Conseqüentemente, solos argilosos são desfavoráveis por encharcarem facilmente dificultando a movimentação. Por outro lado, os solos arenosos facilitam a movimentação por serem mais drenados, embora, as oscilações de umidade sejam maiores (FERRAZ et al., 2010).

A locomoção dos nematoides também é afetada pela temperatura do solo. Segundo Ferraz (2001), embora os nematoides possam se locomover em uma faixa de temperatura entre 5 e 40°C, temperaturas fora desses limites, a depender do tempo de exposição, podem torna-los inativos ou serem letais à sobrevivência desses organismos.

Segundo Fujimoto et al. (2010), muitos fatores envolvidos com o movimento e sobrevivência de nematoides podem ser citados, como por exemplo, temperatura, geotaxis, oxigênio, concentração de dióxido de carbono, pH, atraentes e repelentes. Além disso, o movimento destes organismos, também depende das várias condições edáficas. Ainda segundo o autor, os relatos acima mostram a importância das condições do solo na estratégia de vida dos nematoides.

Quénehervé e Chotte (1996) mostraram em seus estudos que é mais fácil para os nematoides parasitas de plantas sobreviverem em intra-agregados que os inter-agregados e estes poderiam migrar em agregados de solo com um diâmetro de 0,05 a 0,2 mm. De acordo com Fujimoto et al. (2010), embora esses relatórios descrevam claramente traços de movimento e / ou sobrevivência dos nematoide, o relatório que descreveu sobre Interação entre o movimento e / ou sobrevivência do nematoide e o fluxo de água do solo é muito pequeno.

Diferentes autores propõem que a disseminação de nematoides pela água é um importante processo de contaminação (CROLL; MATHEWS, 1977, BUR; ROBINSON, 2004). Em seus estudos Du Charme (1955) concluiu que o movimento da água através do solo facilita a passagem dos nematoides.

A tendência no fluxo de água do solo pode ser influenciada pela precipitação, evaporação, transpiração entre outras variáveis, implicando que a água do solo está sempre em movimento, e o movimento de nematoides que habitam o solo devem ser afetados pelos fluxos de água do solo (FUJIMOTO et al., 2010).

1.3 Importância da irrigação na cultura da cana-de-açúcar e influência na distribuição de nematoides

A irrigação é uma prática benéfica para agricultura, pois proporciona condições adequadas de água no solo durante o ciclo da cultura, desde que conduzida com técnica e sistema adequados (CAMPOS et al., 2014). O requerimento hídrico da cana-de-açúcar é influenciado por fatores inerentes às condições ambientais, técnicas agrícolas, período de plantio e cultivares, normalmente reduzindo com a sucessão dos ciclos de cultivo (cana-planta, cana-soca e ressoca) (SILVA et al., 2012). É a cultura agrícola com maior área irrigada no Brasil, pois dos 5,4 milhões de hectares irrigados no País, 1,7 milhão é com a cultura da cana, podendo chegar a irrigar 2,5 milhões de hectares (ANA, 2012).

Existem vários tipos de irrigação na região Nordeste, os quais são diferenciados pela quantidade de água utilizada, pelo sistema de irrigação utilizado e pela fase do ciclo de produção da cultura. Os tipos de irrigação mais comuns no cultivo da cana-de-açúcar são: irrigação de salvação, irrigação complementar e irrigação plena (SOUZA et al., 2012).

De acordo com Inman-Bamber e Smith (2005), para atingir alta produção de sacarose, a cana-de-açúcar precisa de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo crescimento na fase vegetativa, seguida de restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na fase de maturação.

Segundo Ferraz e Brown (2016), o fluxo superficial de água devido ao emprego de certos tipos de irrigação pode igualmente favorecer a dispersão de fitonematoides no âmbito interno de plantações. Contudo, estudos sobre a associação da irrigação e nematoides são escassos, o que leva a questionamentos, tais como, o manejo da irrigação afetaria a distribuição dos organismos.

O manejo inadequado da irrigação, com relação à aplicação excessiva de água, mantém os macroporos com água próximos da saturação do solo, aumentando o fluxo de água e, conseqüentemente a movimentação de fitonematoides, entre raízes e entre áreas vizinhas (CHOUDHURY; CHOUDHURY 1992). O uso de irrigação favorece a

população de nematoides por propiciar condições constantes de umidade no solo (BRIDGE1987).

Para os nematoides, a irrigação é um fator que exerce influência na duração de seu ciclo. Uma vez que o excesso de água induz à condição anaeróbica no solo (déficit de oxigênio), e a falta por facilitar a dessecação do solo (CHOUDHURY e CHOUDHURY 1992).

Em estudo sobre o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a população de *M. javanica* e a produtividade da bananeira, Ribeiro et al. (2009) observaram que houve aumento na população juvenis do nematoide à medida que ocorreu aumento nas lâminas de irrigação, no entanto, quando a lâmina foi superior a 118% da ET_{tca} houve redução na população, o que pode ser explicado pela menor aeração do solo, eliminando desta forma o filme de água no solo.

O teor de água presente no solo pode exercer influencia, sobre a reprodução dos nematoides nas diversas culturas, bem como, na capacidade das plantas de tolerar a presença dos fitonematoides. Entretanto, mecanismos de defesa dos nematoides podem influenciar nessa relação, por favorecer a longevidade desses organismos sob essas condições de estresse por meio da redução do metabolismo (NORTON, 1978).

1.4 Movimento de água no solo

O solo constitui um reservatório ao qual se repõe regularmente a água que é retirada pelas culturas respeitando-se um valor limite inferior para a disponibilidade de água (PAIXÃO et al., 2009). A água do solo não é estática, mas dinâmica, movimentando-se em função do gradiente de seu potencial entre dois pontos quaisquer no solo (BERNADO; SOARES; MATOVANI, 2013). As características do solo, como textura, densidade, matéria orgânica, macroporosidade e microporosidade, têm influência na retenção e movimento de água no solo (SILVA NETO et al., 2012).

Ressalta-se a importância do espaço poroso no processo de movimentação da água presente no solo, pois quando se tem um grande número de macroporos, acaba promovendo melhores condições para que o movimento aconteça (LIMA et al., 2005), e quando ocorre sua diminuição, conseqüentemente, se tem a redução no movimento de água e ar, o que afeta a distribuição das raízes no solo (CINTRA, 2001). A propriedade que expressa a facilidade com que a água se movimenta no solo é chamada de condutividade hidráulica, que é de extrema importância ao uso agrícola e,

consequentemente, à produção das culturas e à preservação do solo e do ambiente (GONÇALVES; LIBARD, 2013).

A partir da condutividade hidráulica saturada do solo (K_{sat}) e utilizando modelos matemáticos pode-se determinar a condutividade hidráulica não saturada (K) e assim obter informações sobre o movimento de água e solutos nos solos (MESQUITA; MORAES, 2004). Dentre os vários fatores que influenciam a condutividade hidráulica em solos não saturados, destaca-se o conteúdo de água no solo (LIBARDI; MELO FILHO, 2006).

Os processos de infiltração de água no solo, projetos de irrigação e drenagem, perdas de fertilizantes e de solo por erosão e de substâncias químicas por lixiviação são geralmente relacionados ao fluxo de água, o qual influencia todo o processo de utilização dos recursos solo e água (MESQUITA; MORAES, 2004). De acordo com Maia et al. (2010), o movimento de água no solo sob irrigação localizada com ponto de emissão superficial é utilizado como um índice para o dimensionamento e o manejo da água de irrigação, devido seu conhecimento ser essencial para a determinação do espaçamento entre os emissores.

Quando utilizada a irrigação por gotejamento, a água liberada no solo através de gotejadores propaga-se de modo tridimensional para as camadas mais profundas, formando o que comumente é conhecido como bulbo molhado ou bulbo úmido (MAIA, 2012). A depender do tipo de solo, o movimento da água assume certo comportamento, com existência de uma relação entre o diâmetro molhado (dimensão horizontal) e a profundidade molhada (dimensão vertical) (MAIA et al., 2010).

O aumento na vazão do emissor resulta em acréscimo no movimento horizontal em detrimento do movimento vertical (JÚNIOR et al., 2014). Dentre os fatores que influenciam a formação do bulbo molhado, pode-se destacar o tipo de solo e a sua estratificação, a vazão do emissor e o tempo de irrigação (PIZARRO, 1996).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Brasília: ANA, p. 215, 2012.

AVERY, L.; THOMAS, J. H. Feeding and defecation. In: RIDDLE, D.L.; BLUMENTHAL, T; MEYER, B.J.; PREISS, J.R. C. *elegans* II. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, v. 33, p. 679-716, 1997

BARBOSA, B. F. F. **Estudo das inter-relações patógeno-hospedeiro de *Meloidogyne incognita* (kofoid&white) Chitwood, *M. javanica* (treub) chitwood e**

Pratylenchusbrachyurus (godfrey) filipjev & Schuurmansstekhoven em Cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). Unesp-Jaboticabal 2008.

BARROS P. A.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J.H.; ROLIM, M.M.; DAVID, M. F.L. Dinâmica populacional de fitonematoides sob regimes de fluxo de água em colunas de solo **nematropica**, v. 46, n. 2, 2016.

BARROS, A. C. B. MOURA, R. M. PEDROSA, E. M. R. Estudo da interação variedade-nematicida em cana-de-açúcar, em solo naturalmente infestado por *Meloidogyne incógnita*, *M. javanica* e *Pratylenchus zae*. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n.1, p. 39-46, 2005

BEHN, J.L. **Comparison of methods and corn types for efficient extraction of endoparasitic namatodes.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – University of Nebraska, Lincon, p. 125, 2012.

BELLÉ, C. **Fitonematoides na cultura da cana-de-açúcar no rio grande do sul: levantamento, caracterização e reação de genótipos a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus zae*.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, p. 107, 2014.

BELLÉ, CRISTIAO; KULCZYNSKI, S. M.; KUHN, P. R.; DONINI, L. P.; GOMES, C. B. Reaction of Sugarcane Genotypes to Parasitism of *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus zae*. **Revista Caatinga**, v. 30, n.2, p. 530,2017.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação** 8º edição atualizada e ampliada 5º reimpressão, Editora UFV 625 p. 2013.

BERRY, S. D.; FARGETTE, M.; SPAULL, V. W.; MORAND, S.; CADET, P. Detection and quantification of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*), lesion nematode (*Pratylenchus zae*) and dagger nematode (*Xiphinema elongatum*) parasites of sugarcane using real-time PCR. **Molecular and Cellular Probes**, v.22, n.3, p.168-76, 2008

BUR, A.H.J., ROBINSON, A.F. Locomotion behaviour. In: Gaugler, R., Bilgrami, A.L. (Eds.), *Nematode Behaviour*. CABI Publishing, Wallingford, p. 25–62, 2004

BRIDGE, J. Control strategies in subsistence agriculture. In : BROW, R.H KERRY, RB. Principles and practice of nematode control in crops. Sidney: **Academic Press**,. P. 389-418,1987.

BRUNINI, R. G. **Índice de estresse hídrico na cultura de cana-de-açúcar, em superfícies irrigadas sobre diferentes exposições e declividades.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Unesp-Jaboticabal, p. 46, 2016.

CAMPOS, P. F.; ALVES JÚNIOR,J.;CASAROLI,D.; FONTOURA,P. R.; EVANGELISTA A. W. P. Variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.6, p. 1139-1149, 2014.

CASTILLO, P.; VOVLAS N. *Pratylenchus* (Nematoda, Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. **Nematology Monographs and Perspectives**, v. 6, 529 p. 2007.

CINTRA, F.L.D. **Distribuição dos sistemas radicular na presença de horizontes coesos. In: Workshop coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros.** Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001, p. 229-239

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar. Primeiro levantamento v. 5, n. 1 safra 2018/9, 2018
 CHOUDHURY, M. M.; CHOUDHURY, E. N. **Ocorrência de nematoides das galhas em aceroleira irrigada no Submédio São Francisco.** Comunicado técnico ISSN 0100-6061 N° 50, Nov 92, p. 1-2.

CROLL, N.A., MATHEWS, B.E., **Biology of Nematodes.** John Wiley & Sons, New York, 201 pp. 1977.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com n e k via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.3, p.516-524, 2008

Du Charme, E.P. Sub-soil drainage as a factor in the spread of the burrowing nematode. P. Fl. St. Hortic. Soc. 68, 29–31. 1955

EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Árvore do conhecimento Cana-de-açúcar. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html. Acesso em 21 fevereiro 2018

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematoides.** Viçosa: UFG, 2010. 306 p.

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J. F. V. (Org.). Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. Londrina: EMBRAPA Soja; **Sociedade Brasileira de Nematologia**, p. 15-38. 2001.

FERRAZ, L. C. C. B. BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: Fundamentos e importância.** Sociedade Brasileira de Nematologia, p. 251, 2016.

FUJIMOTO, T; HASEGAWA, S.; OTOBE, K; MIZUKUBO, T. The effect of soil water flow end soil proprieties on the motility of second-stage juveniles of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 1065-1072, 2010.

FRANCILINO, A. H. **Efeito do fluxo de água, estímulo vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *Pratylenchus coffeae*.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). UFRPE, Recife- PE, p.42, 2016.

GEORGIS, R.; POINAR JR, G.O. Effect of soil texture on the distribution and infectivity of *Neoplactana glaseri* (Nematoda: Steinernematidae). **Journal of Nematology**, v. 15, p.329-332, 1983.

GONÇALVES, A. D. M. A.; LIBARDI, P. L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1174-1184, 2013.

INMAN-BAMBER, N. G., SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water defcits. **Field Crops Research**, Bonn, v. 92, p. 185-202, 2005.

- LAUGHLIN, C. W.; LORDELLO, L. G. E. Sistemas de manejo de nematoides: Relações entre a densidade de população e os danos à planta. **Nematologia Brasileira**, v. 2, p. 15- 24. 1977.
- JÚNIOR, J. B. T.; MARINHO, L. B.; SOUZA, C. F.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de um modelo numérico para modelagem do bulbo molhado em irrigação por gotejamento. **Irriga**, v.1, p. 11-20, 2014.
- LIBARDI, P.L.; MELO FILHO, J.F. Análise exploratória e variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica, em um experimento de perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.197-206, 2006
- LIMA, H.V.; SILVA, A.P.; ROMERO, R.E.; JACOMINE, P.K.T. **Comportamento físico de um argissolo acinzentado coeso no estado do Ceará**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 29, 2005, p. 33-40.
- MAIA, C.E., LEVIEN, S.L.A., MEDEIROS, J.F., DANTAS NETO, J. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. **Revista Ciência Agronômica**, n.41, v.1, p.141-158, 2010.
- MAIA, C. E. Relação entre diâmetro e profundidade do bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial em meloeiro. Inovagri International Meeting Fortaleza , 2012. <http://www.inovagri.org.br/meeting2012/wp-content/uploads/2012/06/Protocolo033.pdf> Acesso em 05 de agosto de 2018.
- MBEGA, E. R.; NZOGELA, Y. B. Strategies used by plant parasitic nematodes to conquer the host. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 14, p. 1848-1854, 2012.
- MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.963-969, 2004
- MOURA, M. R.; PEDROSA, E. M. R.; MARANHÃO, S. R.V.; MOURA, A. M.; MACEDO, M. E. A.; SILVA, E. G. Nematoides Associados a Cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco, Brasil. **Nematologia Brasileira**, v.23, p. 92-99, 1999
- MOURA, R. M.; OLIVEIRA, I. S. Controle Populacional de *Pratylenchus zea* em Cana-de-açúcar em Dois Ambientes Edáficos no Nordeste do Brasil. **Nematologia brasileira**, v. 33, n.1, p. 67-73, 2008.
- NEHER, D. A., T. R. WEICHT, M. SAVIN, J. H. GÖRRES, and J. A. AMADOR. Grazing in a porous environment. 2. Nematode community structure. **Plant and Soil**, v. 212, p. 85-99, 1999.
- NORTON, H.V. **Ecology of plant – parasitic nematodes**, New York: John Weley & sons, 1978.268 p.
- OBICI, L. V. **Efeito do cultivo de plantas leguminosas sobre a população de nematoides em solos naturalmente infestados**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, p. 59, 2011
- OLIVEIRA, C.M.; MONTEIRO, A. R.; BLOK, V.C. Morphological and molecular diagnostics for plant-parasitic nematodes: working together to get the identification done. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 2, p. 65-073, 2011.

OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B.; SANTOS, B. L. S.; WALKER, A. M. Biometria de cultivares de cana-de-açúcar sob diferentes reposições hídricas no vale do submédio são Francisco. **Energia na Agricultura**, v. 31, n.1, p.48-58, 2016.

OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B. **Florescimento e Acamamento de Cultivares de Cana-de-Açúcar Submetidas a Diferentes Lâminas de Irrigação**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 87. Embrapa Semiárido Petrolina, PE, p. 23, 2011.

PAIXÃO, F. J. R.; ANDRADE, A. R. S.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A.; DANTAS NETO, J. Uso da aproximação fractal no ajuste da curva de retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.282–288, 2009.

PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación. Madrid: MundiPrensa, 1996. 511p.

QUÉNÉHERVÉ, P.; CHOTTE, J.-L. Distribution of nematodes in vertisol aggregates under a permanent pasture in Martinique. **Applied Soil Ecology**, v. 4, p. 193-200, 1996.

RESENDE JÚNIOR, J. C. & VICENTE, C. B. Controle de *Pratylenchus zae graham* em cana-de açúcar: aplicação de nematicidas, indutores de resistência e rotação de cultura. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n. 12, p. 1-8, 2011.

RIBEIRO, R.C.F.; COSTA, A. A. X.; FIGUEIREDO, F. P.; OLIVEIRA, F.G; CAMPOS, V.P.; ARIEIRA, C.R.D.; MIZOBUTSI, E. H. Efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a população de *Meloidogyne javanica* e a produtividade de bananeira no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 90-95, 2009.

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

ROSA, R. C. T.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Efeitos do uso de *Crotalaria juncea* e carbofuran em fitonematoides ectoparasitos de cana-de-açúcar. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n.4, p. 447-449, 2004.

SEVERINO, J. J. **Nematoides associados à cultura da cana-de-açúcar na região noroeste do paraná**. Dissertação (Mestrado em proteção de plantas). Universidade Estadual de Maringá, p.99, 2007.

SILVA NETO, S. J.; BARRETO, H. B. F.; AMARAL JÚNIOR, V. P.; MAIA, P. M. E.

Caracterização físico-hídrica de solos representativos da região do agropolo Assu-Mossoró. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 81-84, 2012.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER,S.; SOARES,J. M.; VIEIRA, V. J. S.; JÚNIOR W. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.1, p.64–71, 2012.

SOUZA, J. K. C.; SILVA, S.; NETO, J. D.; SILVA, M. B. R.; TEODORO, I. Importância da Irrigação para a Produção de Cana-de-Açúcar no Nordeste do Brasil. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n.2, P. 133-140, 2012.

VICENTE, T. F. S. **Variabilidade espaço-temporal de nematoides e atributos físicos e químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) UFRPE. Recife – PE, p.127, 2016.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.;PENATTI,C. P.;BOLOGNA,I. R.;FARONI,C. E.;FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.2, p.249-256, 2007.

VITTI, A. C.; PRADO, H. Produtividade da cana-de-açúcar em função do ambiente e disponibilidade hídrica. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 1-6, 2012.

WALLACE, H.R. The dynamics of nematode movement. **Annual Review of Phytopathology**, v. 6, p. 91–114, 1968.

WALLACE, H. R. **Nematode ecology and plant disease**. London: Edward Arnold, p. 228, 1973.

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

YEATES SE, EINUM S, FLEMING IA, MEGENS HJ, STET RJM, HINDAR K, HOLT WV, GAGE KJW, LOOK VAN MJG. Atlantic salmon eggs favour sperm in competition that have similar major histocompatibility alleles. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 276, p. 559–566, 2009.

**DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE DE NEMATOIDES EM ÁREA
IRRIGADA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR**

CAPÍTULO II

DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE DE NEMATOIDES EM ÁREA IRRIGADA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO: Uma das culturas de maior representatividade na Região Nordeste do Brasil é a cana-de-açúcar. Contudo, um dos principais motivos associados à baixa produtividade da cultura na região é o parasitismo de nematoides, especialmente os dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*. No entanto, a maior parte dos nematoides que habitam o solo não causam danos às culturas e contribuem para o funcionamento do ecossistema do solo. Fatores ambientais, manejo aplicado e as características inerentes ao nematoide podem afetar a locomoção e distribuição desse organismo no solo, que é geralmente agregada. Desta forma, no presente trabalho a distribuição espaço-temporal da comunidade de nematoides em função da irrigação foi avaliada em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar. O estudo foi conduzido no estado da Paraíba, entre agosto de 2017 e março de 2018 em três épocas: um mês antes, três e seis meses após aplicação de irrigação localizada por gotejamento subsuperficial com vazão de 1,0 L h⁻¹. Os pontos de amostragem foram demarcados a 0,20 m na horizontal (a partir de um ponto central) e vertical nas profundidades de 0,20; 0,40 e 0,60 m. Os nematoides foram identificados e agrupados conforme o hábito alimentar e os dados foram submetidos à análise univariada e multivariada de medida repetida no tempo, e as interações foram representados em gráficos de superfície de resposta. Embora os nematoides parasitos de planta e os de vida livre fossem mais abundantes na profundidade de 0,20 m, os nematoides de vida livre foram menos influenciados pela irrigação e precipitação do que os parasitas de planta. A vazão utilizada no campo não foi suficiente para lixiviar a população de parasitos de planta que, no entanto, diminuiu quando exposta ao efeito conjunto da irrigação e aumento da precipitação (160 mm mensal) na área, embora a população dos de vida livre continuasse a aumentar.

PALAVRAS-CHAVE: Análise espaço-temporal, comunidade trófica, irrigação, *Saccharum*.

ABSTRACT: One of the most representative crops in the Northeast Region of Brazil is sugarcane. However, the plant parasitic nematode effects are usually associated with the low crop production. In field these organisms present an aggregate distribution, however, studies of nematode movement in field are few. The objective of the study

was evaluating the spatial-temporal distribution of the nematode community in irrigated coastal board areas. The study was carried out in the state of Paraíba, from August 2017 to March 2018, covering three sampling time (one month before and three and six months after irrigation). The irrigation system used was located by subsurface drip irrigation with flow of 1.0 L h^{-1} . Sampling points were equidistant 0.20 m horizontally and vertically, and soil cores were removed from depths of 0.20; 0.40 and 0.60 m. Nematodes were identified and grouped by soil nematode trophic community composition and data submitted to univariate and multivariate analysis of time measurements. Although both plant parasitic and free living nematodes were more abundant at 0.20 m, fre living nematodes were less affected by irrigation and precipitation than the plant parasitic nematodes. The water flow applied in the field was not enough to leaching the plant parasitic nematodes, but the population of these parasites decreased with the coupled effect of irrigation and higher precipitation (160 mm monthly), despite the increase of free living nematodes.

KEY WORDS: Spatial-temporal analysis, trophic community, irrigation, *Saccharum*.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das culturas mais importantes cultivadas no Brasil e no mundo, cuja produção mundial é de aproximadamente 2,5 bilhões de Mg ano⁻¹ (BELLÉ, 2017). Além disso, possui grande importância social e econômica para o Brasil, uma vez que gera emprego e exportação, o que torna o país o maior produtor de cana do mundo (COSTA et al., 2016). Ademais, destaca-se a aceitação internacional do etanol como biocombustível aumentando a lucratividade alcançada pelo setor sucroalcooleiro, com reflexos na intensificação e na expansão das áreas de cultivo (SOUZA et al., 2014).

Embora a região Nordeste do Brasil esteja entre os principais produtores nacionais, os níveis de produtividade agrícola na região canavieira ainda são baixos e isso geralmente está associado principalmente ao déficit hídrico sofrido pela cultura (ABREU et al., 2013), além do acúmulo de problemas fitossanitários (MOURA 2010). Dentre estes problemas destacam-se os fitonematoides, *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus zae*, que ao penetrarem nas raízes das culturas comprometem a absorção de água e nutrientes (MOURA et al., 2000; SEVERINO et al., 2010; BELLÉ et al., 2014; SOUZA et al., 2014).

Por outro lado, a maior parte dos nematoides que se encontram no solo é considerada benéfica, pois a diversidade trófica destes organismos favorece sua ação como decompositores secundários da matéria orgânica, além de promover a ciclagem de nutrientes, sendo usados como bioindicadores de qualidade do solo (YEATES et al., 2009). Por outro lado, a sensibilidade dos nematoides aos fatores ambientais, a exemplo da umidade do solo, influencia diretamente a abundância e diversidade desses organismos (FERRIS 2010).

A distribuição de nematoides em campo é frequentemente descrita como agregada, o que significa que há dependência espacial entre as populações e os pontos amostrados (FERRIS; WILSON, 1987). Este arranjo espacial de populações em campo é definido por dois componentes: a distribuição vertical e horizontal destes organismos no solo (JOURNEL, 1989). No entanto, estudos sobre a distribuição espacial dos nematoides são incipientes, mas relevantes para o desenvolvimento de planos de amostragem, visando à aplicação em programas de gestão integrados de pragas (BARROS et al., 2017).

As dificuldades relacionadas aos estudos destes organismos no solo estão ligadas a sua natureza dinâmica, uma vez que o sistema ecológico no qual vivem é uma complexa interação entre a planta hospedeira, o microclima, as propriedades físicas e químicas do solo e os microrganismos (LAUGHLIN e LORDELLO, 1977). Devido a isto, ocorrem oscilações populacionais nos grupos de nematoides no tempo e no espaço (direções vertical e horizontal) no perfil do solo (RIBEIRO et al., 2009).

O teor de água presente no solo pode exercer influência, sobre a reprodução dos nematoides nas diversas culturas, bem como, na capacidade das plantas de tolerar a presença dos nematoides parasitos de planta (NORTON, 1978). De acordo com Ferraz e Brown (2016) o fluxo superficial de água devido ao emprego de alguns tipos de irrigação pode igualmente favorecer a dispersão de nematoides no âmbito interno de plantações. Contudo estudos sobre a associação da irrigação e nematoides são escassos, o que leva a questionamentos, tais como, se o manejo da irrigação afeta a distribuição dos nematoides e, em caso positivo, como. Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho estudar a distribuição espaço-temporal da comunidade de nematoides em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar sob influência da irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em área cultivada com cana planta pertencente à Usina Japungu, localizada no Município de Santa Rita- Paraíba (Figura 1), cujas coordenadas geográficas são 34° 59' de latitude sul e 7° 8' de longitude oeste e altitude de 16 m. A área era cultivada com cana-de-açúcar em sistema de plantio convencional, cuja variedade era RB92579 que apresenta, entre outras características, ótimo perfilhamento, boa resposta para irrigação, alta eficiência no uso da água e nutrientes, ótimo teor de sacarose e excelente produtividade agrícola (RIDESA, 2010).

O clima da região é do tipo As'' segundo a classificação de Köppen, sendo caracterizado como tropical com estação seca, cujo período chuvoso vai de maio a agosto, com precipitação média anual em torno de 1 472,6 mm (Figura 2). A temperatura média anual oscila em torno de 25,4 °C (Os dados de precipitação e temperatura foram cedidos pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande).

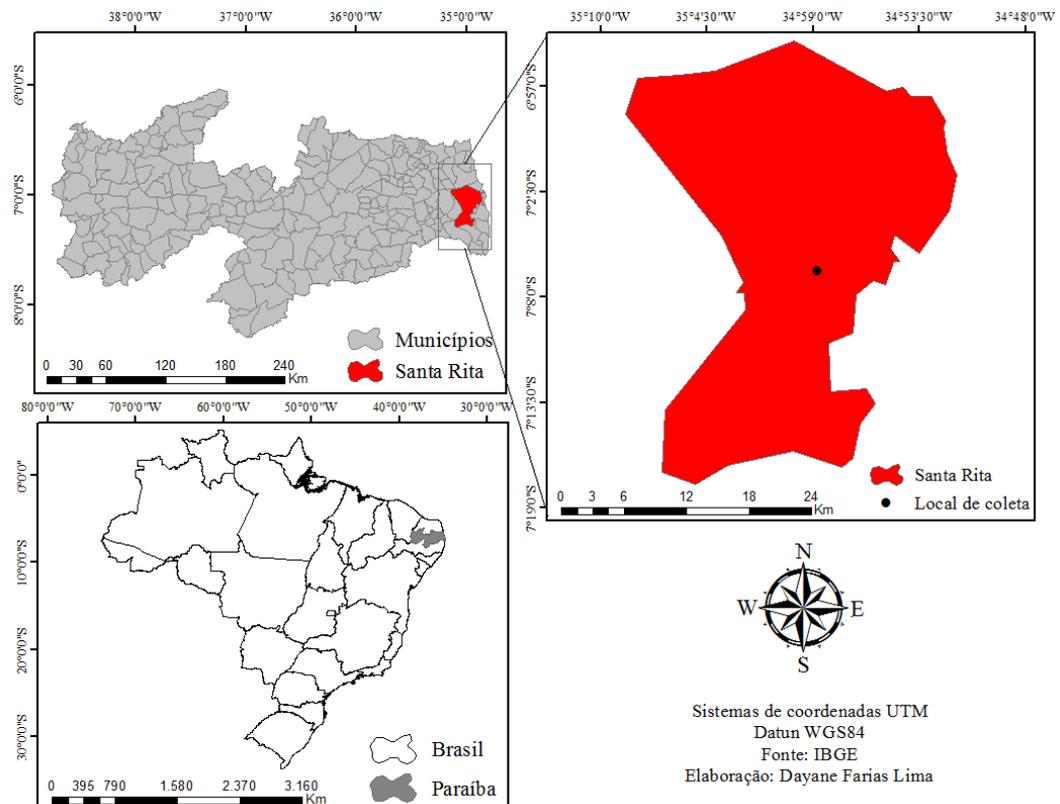


Figura 1. Localização da área de estudo no Município de Santa Rita-Paraíba.

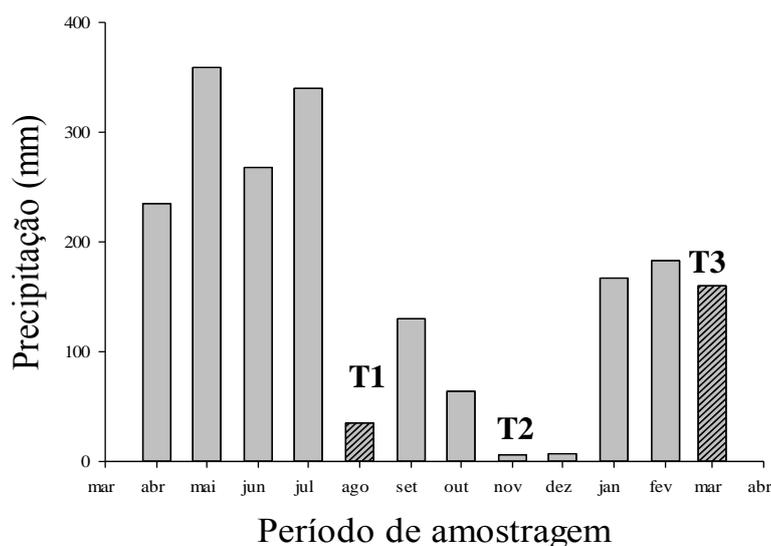


Figura 2. Distribuição mensal das chuvas, entre os meses de abril de 2017 a março de 2018 em área com cultivo de cana-de-açúcar (Santa Rita –PB). T1- Um mês antes da irrigação; T2- três meses após o início da irrigação e T3- seis meses após o início da irrigação.

Condução do experimento e amostragem do solo

A área foi escolhida por apresentar histórico de nematoides. O sistema de irrigação usado foi por gotejamento subsuperficial (0,20 m de profundidade), espaçamento de 0,40 m entre emissor e 1,60 m entre linhas laterais (Figura 3), com vazão dos emissores de 1,0 L h⁻¹ e aplicação de uma lâmina fixa diária de 5 mm. A cultura apresentava espaçamento duplo com 0,40 m entre plantas e 1,60 m entre as fileiras. Antes do plantio da cana-de-açúcar, a área passou por processos de correção do solo com aplicação de calcário, sulcagem com a aplicação mecanizada de adubo mineral N-P-K (12 52 00). No período de plantio, foi realizada a aplicação do nematicida Furdan o qual apresenta um período de carência de 90 dias; e 60 dias após o plantio, foi realizada a aplicação de torta de filtro.

A amostragem ocorreu em três épocas distintas: Tempo 1 – 138 dias após o plantio da cana-de-açúcar (02 e 03 de agosto de 2017) durante o final do período chuvoso; Tempo 2 – 254 dias após o plantio da cana-de-açúcar (27 e 28 de novembro de 2017) e três meses após o início da irrigação, cujo início foi no fim de agosto de 2017 e Tempo 3 - 348 dias após o plantio da cana-de-açúcar (01 de março de 2018) e seis meses após o início da irrigação. Durante o Tempo 3 ocorreram chuvas de verão,

consideradas atípicas para a região. Os dados de precipitação durante o período de estudo foram obtidos na usina e encontram-se destacados na Figura 2.

Quatro trincheiras foram abertas com dimensões de 1,60 de largura \times 0,80 m de profundidade para coleta das amostras, nas profundidades de 0,20; 0,40 e 0,60 m (Figura 3). Foram coletadas 27 amostras por trincheira, totalizando 108 amostras por período.

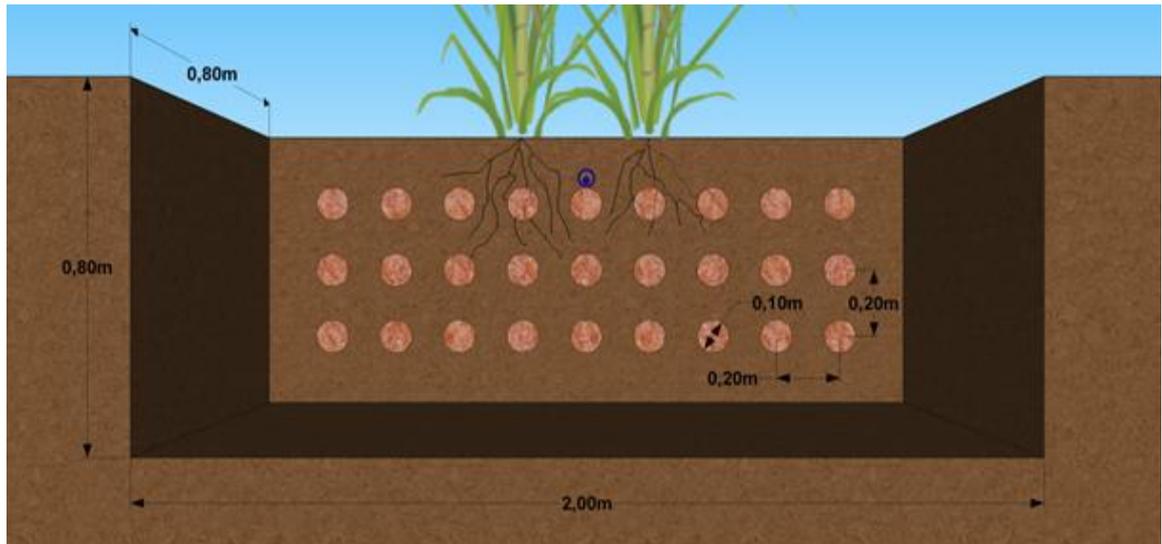


Figura 3. Área de amostragem, o ponto azul representa a fita gotejadora, localizada a 0,20m de profundidade. Abaixo da fita se encontra o ponto central equidistante dos demais a 0,2 m, na vertical e na horizontal.

As amostras indeformadas de solo foram coletadas em anéis com o auxílio de um trado tipo uhland para avaliação da umidade e densidade do solo, embaladas em papel filme e armazenadas em caixas. As amostras de solo coletada de forma deformada foram usadas para as análises de nematoides, densidade de partículas e textura do solo, armazenadas em sacos plásticos, etiquetadas e enviadas para os laboratórios para as análises.

Análises físicas do solo

A densidade do solo (g cm^{-3}) foi determinada pelo método do anel volumétrico, a densidade de partículas (g cm^{-3}) foi obtida pelo método do balão volumétrico, a umidade (%) foi mensurada por gravimetria, a granulometria foi utilizada para determinar as frações de areia, argila e silte, pelo método do densímetro de Boyoucos (EMBRAPA, 2011). As Tabelas 1 e 2 apresentam a caracterização física do solo da área.

Tabela 1. Caracterização física da área de estudo nas três profundidades avaliadas.

Profundidade (m)	Dp (g cm ⁻³)	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
		(%)			
0,20	2,67	92,61	5,74	1,65	Arenoso
0,40	2,66	90,42	8,08	1,49	Arenoso
0,60	2,66	87,77	8,9	3,32	Arenoso

Dp: Densidade de partículas

Tabela 2. Densidade do solo e umidade gravimétrica por tempo, nas três profundidades avaliadas.

Profundidade (m)	Tempo 1		Tempo 2		Tempo 3	
	Ds (g cm ⁻³)	Umidade (%)	Ds (g cm ⁻³)	Umidade (%)	Ds (g cm ⁻³)	Umidade (%)
0,20	1,49	8,91	1,30	3,69	1,45	13,20
0,40	1,53	9,08	1,35	5,26	1,47	11,74
0,60	1,52	10,56	1,43	8,62	1,51	13,37

Ds: Densidade do solo, Tempo1: um mês antes da irrigação, tempo 2: três meses após início da irrigação, Tempo 3: seis meses após início da irrigação.

Análise nematológica

Foram coletados aproximadamente 0,6 kg de solo e retirados 300 cm³ para as análises. As amostras foram homogeneizadas e processadas para extração, com o auxílio de duas peneiras de 60 e 400 mesh utilizando o método da flotação centrífuga (JENKIS, 1964). As suspensões de nematoides obtidas foram mantidas sob-refrigeração (4-6 °C) até a identificação e contagem das amostras.

A estimativa populacional foi obtida através de uma alíquota de 1,0 mL em lâmina de Peters, com o auxílio de um microscópio óptico em uma objetiva de 20 ×, em duas repetições. Os nematoides foram identificados em nível de gênero ou família no microscópio óptico com objetivas de 40 e 100 ×.

Comunidade de nematoides no solo

Os nematoides foram classificados com base nos hábitos alimentares em bacteriófagos, micófagos, onívoros, predadores e parasitos de planta, observando a morfologia do estoma e do esôfago (YEATES et al. 1993). Os nematoides parasitos de planta foram identificados em nível de gênero (MAI et al. 1996) e os nematoides de vida livre foram identificados a nível de família conforme a chave de identificação de (TARJAN; ESSE; CHANG, 1977). A abundância dos nematoides foi computada em

número de espécimes por 300 cm³ de solo nas 108 amostras e a dominância é o total de um grupo trófico e/ou taxa dividido pelo total de nematoides.

Análise de dados

Os dados de nematoides foram transformados para $\log(x+1)$, para atender aos pressupostos da normalidade, em seguida foi realizada a análise de variância e os dados submetidos ao teste de Mauchly, havendo significância pelo teste foi efetuada a análise multivariada de medida repetida no tempo; as interações entre tempo e profundidade foram representadas pelos gráficos de superfície de resposta. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS 9.4 (SAS INSTITUTE INC, 2017) e os gráficos sem ocorrência de interação foram elaborados no SigmaPlot (2010) e os gráficos de superfície de resposta foram elaborados no software R (R Core Team 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 17 taxa na área de estudo, nos três períodos estudados, classificados em 5 famílias e 12 gêneros. Sendo 15 taxa comuns para todas as épocas de coleta (Tabela 3). O total de nematoides foi menor no Tempo 1, fato este que pode estar associado à idade da cultura (138 DAP) uma vez que a cana se encontrava no período de crescimento vegetativo, que segundo Moura Filho (2006), tem início após o perfilhamento (120 DAP) e vai até 300 DAP. Consequentemente, o sistema radicular ainda estava em desenvolvimento. Além do mais, durante o plantio foi aplicado o nematicida Furadan (período de carência de 90 dias), fazendo com que a população de nematoides ainda estivesse se estabelecendo.

Os nematoides parasitos de planta foram dominantes dentre os grupos tróficos nos Tempos 1, 2 e 3 (68,6; 62,5 e 47,6%; respectivamente) como observado na Tabela 3 e Figura 4. A dominância deste grupo em diferentes áreas de monocultivo da cana-de-açúcar tem sido relatada em vários estudos (MIRANDA et al., 2012; STEVEN; SUNDAY; FISAYO, 2014; MALHERB; MARAIS, 2015; VICENTE et al., 2016). Este grupo, normalmente é dominante neste tipo de sistema devido ao uso constante das mesmas variedades, bem como às exigências específicas de cada espécie e às condições do clima, solo e umidade. Ao contrário, os nematoides de vida livre encontram-se em maior dominância em ambientes que apresentem maior equilíbrio ecológico, contribuindo para a diversificação da microfauna do solo.

Tabela 3 - Comunidade de nematoides em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.

Gupos Tróficos	Tempo 1			Tempo 2			Tempo 3		
	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)
Bacteiófagos	2833,66	6,85 ± 34,84	18,79	3322,5	7,69±15,36	7,89	3576,5	8,53±19,61	10,16
<i>Acrobeles</i>	872	8,16 ± 5,78	5,78	784	7,26±13,25	1,86	1405	13,01±23,72	3,99
Cephalobidae	253	2,34 ±12,92	1,68	48	0,44±3,28	0,11	18	0,17±1,73	0,05
<i>Prismatolaimus</i>	776,83	7,19 ±16,82	5,15	97,5	0,90±5,80	0,23	0	0	0
Rhabditidae	931,83	8,72 ±17,29	6,18	2393	22,16±39,11	5,68	2153,5	19,94±52,97	6,12
Micófagos	1136,5	5,265±22,26	7,53	8245	38,17± 100,82	19,57	10820	50,1± 114,52	30,73
<i>Aphelenchus</i>	12,5	0,12±1,20	0,08	538	4,98±39,65	1,28	671,5	6,22±12,18	1,91
<i>Aphelenchoides</i>	1124	10,41±43,32	7,45	7707	71,36±162,01	18,29	10148,5	93,97±216,85	28,82
Onívoros	557,5	5,25±10,49	3,70	3154,1	29,20±39,51	7,49	3448	31,93±29,88	9,79
Dorylaimidae	557,5	5,25±10,49	3,7	3154,1	29,20±39,51	7,49	3448	31,93±29,88	9,79
Predadores	215	0,995±5,4	1,43	1091,5	5,05±11,59	2,59	595	2,75±9,98	1,70
<i>Lotonchus</i>	54,5	0,50±3,48	0,36	510	4,72±11,71	1,21	388,5	3,60±13,24	1,1
Mononchidae	160,5	1,49±7,27	1,06	581,5	5,38±11,67	1,38	206,5	1,91±6,72	0,59
Parasitas de Planta	10341,83	11,39±33,32	68,56	26315	30,57±48,12	62,46	16769,5	19,46±38,11	47,63
Criconematidae	1663	10,41±26,23	11,02	3127	28,95±41,79	7,42	1510	13,98±22,54	4,29
<i>Helicotylenchus</i>	706,33	6,54±17,88	4,68	1705	15,79±34,42	4,05	988	9,15±22,80	2,81
<i>Meloidogyne</i>	4245,5	39,31±129,4	28,14	10178,5	94,25±170,84	24,16	6614,5	61,25±144,64	18,79
<i>Paratrichodorus</i>	299	2,77±17,3	1,98	11,5	0,11±1,11	0,03	0	0	0
<i>Paratylenchus</i>	0	0	0	0	0	0	23,5	0,22±2,21	0,07
<i>Pratylenchus</i>	2732,5	25,61±57,82	18,11	9170	85,79±103,80	21,77	6189,5	57,72±83,95	17,58
<i>Trichodorus</i>	695,5	6,44±17,95	4,61	2104,5	19,49±31,72	5	1352,5	12,52±25,25	3,84
<i>Xiphinema</i>	0	0	0	18,5	0,17±1,31	0,04	91,5	0,87±3,46	0,26
Total	15084,49	540,6±395,62	100	42128,1	390,96±710,97	100	35209	326,44±662,15	100

A (abundância): Somatório do número de nematoides em 300 cm³ de solo por amostras em cada tempo, Média ± DP: Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm³ de solo em cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em percentagem, Tempo 1: um mês antes da irrigação, Tempo 2: três meses após início da irrigação, Tempo 3: seis meses após início da irrigação.

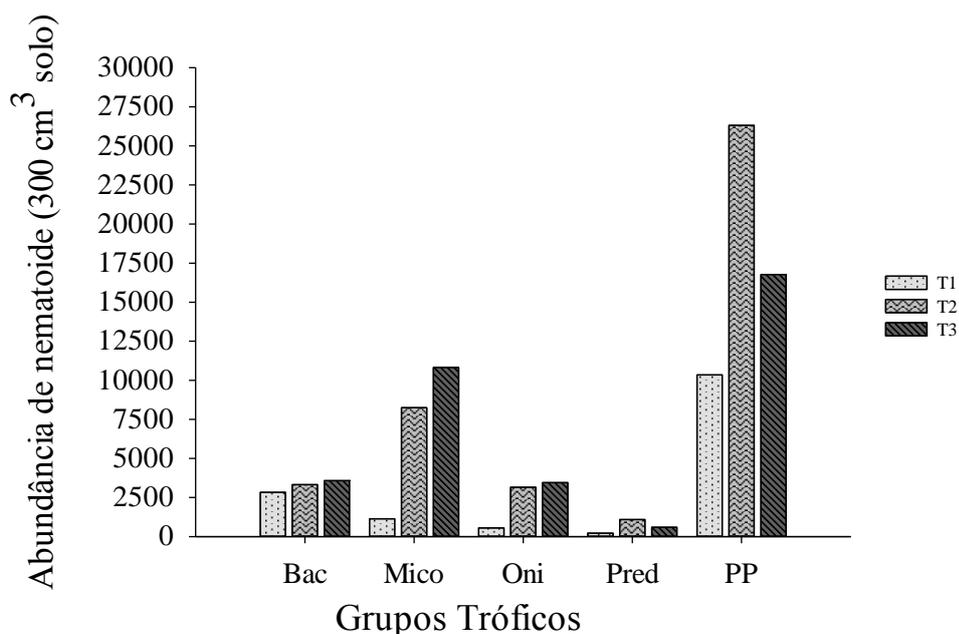


Figura 4. Número de nematoides em área de cultivo de cana-de-açúcar, durante os tempos de amostragem. T1: um mês antes da irrigação, T2: três meses após início da irrigação, T3: seis meses após início da irrigação. Bac: Bacteriíagos; Mico: Micófagos; Oni: Onívoros; Pred: Predadores; PP: Parasitos de Planta.

Para todas as épocas de cultivo os nematoides das galhas e das lesões radiculares apresentaram maior dominância dentre os gêneros identificados (Tabela 3). *Meloidogyne* obteve dominância de 28,14; 24,16 e 18,79%; enquanto que *Pratylenchus* obteve 18,11; 21,77 e 17,58%. Os dois gêneros são os mais comumente encontrados em áreas cultivadas com cana-de-açúcar e também estão associados à redução na produtividade da cultura no Nordeste brasileiro (MOURA; OLIVEIRA, 2008). O uso de variedade susceptível aos nematoides das galhas pode ter favorecido o resultado encontrado no estudo, já que avaliando o comportamento de genótipos RB de cana-de-açúcar ao parasitismo dos nematoides das galhas, Silva et al. (2016) relataram que a cultivar RB92 579 apresentou susceptibilidade aos nematoides *M. incognita* e *M. javanica*.

Em diferentes regiões canavieiras do Brasil, *Meloidogyne* e *Pratylenchus* também apresentam elevadas densidades populacionais (SEVERINO; DIAS-ARIEIRA; TESSMANN, 2010; BELLÉ et al., 2014), que são associados a perdas de rendimento que variam de 20 a 30% no primeiro corte em cultivares de cana-de-açúcar susceptíveis (DINARDO MIRANDA, 2005).

Dentre os nematoides de vida livre os micófagos se destacaram com 7,5%, 19,6% e 30,7%, nos Tempos 1, 2 e 3, respectivamente. Os bacteriófagos foram dominantes no Tempo 1 (18,79%, 7,89% e 10,16%), relativo ao período chuvoso, e onívoros obtiveram dominância menor que 10% nos três tempos estudados (3,70%, 7,49% e 9,79%) sendo o terceiro grupo dominante dentre os nematoides de vida livre. Como observado, no geral, a densidade populacional destes grupos foi aumentando ao longo dos tempos avaliados (Tabela 3 e Figura 4).

A densidade populacional de *Aphelenchoides* aumentou ao longo dos tempos, sendo o gênero que se destacou entre os micófagos. Em estudos com nematoides do solo em cana de açúcar, Bellé et al. (2014) observaram que depois de *Pratylenchus* e *Meloidogyne*, os nematoides de vida livre que apresentaram maior dominância foram *Aphelenchus* e *Aphelenchoides*, respectivamente, corroborando os resultados deste estudo.

Pode-se ressaltar que 60 dias após o plantio foi aplicada torta de filtro no solo que, associada às condições de cultivo, podem ter favorecido o aumento populacional ao longo do tempo de nematoides de vida livre como *Acrobeles*, Rhabditidae (bacteriófagos), *Aphelenchoides* (micófago), Dorylaimidae (onívoro). De acordo com Moura; Franzener (2017) nematoides bacteriófagos e micófagos, entre outros grupos de organismos, contribuem com a estruturação do solo, através do movimento de minerais e partículas orgânicas e na ciclagem de nutrientes.

Quando analisadas as profundidades de 0,20 m, 0,40 m e 0,60 m, durante os três períodos de estudo, pode-se observar que os parasitos de planta foram dominantes (Tabelas 4, 5 e 6). Nas profundidades de 0,20 m e 0,40 m a dominância deste grupo diminuiu do Tempo 1 para o Tempo 3, no entanto, na profundidade de 0,60 m a maior dominância ocorreu durante o Tempo 2, 61,44% (Tabela 6). *Meloidogyne* e *Pratylenchus* foram os gêneros dominantes, entre os nematoides parasitos de planta, menos no Tempo 1 na profundidade de 0,60 m. *Meloidogyne* obteve maior densidade populacional na profundidade de 0,40 m, enquanto que, *Pratylenchus* obteve maior densidade populacional na profundidade de 0,20 m durante o Tempo 1.

Quanto aos grupos de vida livre a dominância de bacteriófagos aumentou com a profundidade no Tempo 1 (Tabelas 4, 5 e 6). No Tempo 2 a dominância deste grupo aumentou da profundidade de 0,20 m (8,40%) para a profundidade de 0,40 m (9,09%), no entanto, houve menor dominância na profundidade de 0,60 m (5,37%). No Tempo 3 bacteriófagos obtiveram maior dominância durante a profundidade de 0,20 m (10,83%).

Tabela 4 – Comunidade de nematoides na profundidade de 0,20 m em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.

Grupos Tróficos	Tempo 1			Tempo 2			Tempo 3		
	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)
Bacteiófagos	577,67	36,10±40,76	9,44	1660,5	103,78±224,11	8,40	1472,50	92,03±44,45	10,83
<i>Acrobeles</i>	41,00	10,25±14,5	0,67	355	88,75±41,54	1,80	694,00	173,5±71,11	5,11
Cephalobidae	211,00	52,75±56,08	3,45	21	5,25±10,50	0,11	18,00	4,5±9	0,13
<i>Prismatolaimus</i>	169,33	42,33±63	2,77	46	11,5±23	0,23	0,00	0±0	0,00
Rhabditidae	156,33	39,08±28,32	2,56	1238,5	309,625±149,07	6,27	760,50	190,13±97,69	5,60
Micófagos	107,00	26,75±41,80	1,75	3096,5	387,06±467,95	15,67	3170,50	396,31±175,78	10,83
<i>Aphelenchus</i>	0,00	0±0	0	63	15,75±24,72	0,32	231,00	57,75±42,67	1,70
<i>Aphelenchoides</i>	107,00	26,75±41,80	1,75	3033,5	758,375±929,18	15,35	2939,50	734,87±308,89	21,63
Onívoros	111,32	28,08±22,79	1,80	1104,5	276,125±218,36	5,59	1254,00	313,5±143,46	9,23
Dorylaimidae	111,32	28,08±22,79	1,80	1104,5	276,125±218,36	5,59	1254,00	313,5±143,46	9,23
Predadores	0,00	0±0	0,00	505,5	63,17±63,69	2,56	1254,00	56,56±48,77	3,33
<i>Lotonchus</i>	0,00	0±0	0,00	310	77,5±98,82	1,57	277,00	69,25±58,41	2,04
Mononchidae	0,00	0±0	0,00	195,5	48,875±27,76	0,99	175,50	43,87±39,12	1,29
Parasitas de Planta	5431,50	169,74±119,04	88,81	13391,0	168,47±206,52	67,78	7242,00	242,64±117,44	53,29
Criconematidae	307,50	76,87±23,73	5,03	916,5	229,125±164,13	4,64	447,50	111,87±116,22	3,29
<i>Helicotylenchus</i>	414,50	103,63±66,38	6,78	987,5	246,875±154,50	5,00	547,00	136,75±196,20	4,02
<i>Meloidogyne</i>	2262,50	565,63±544,16	36,99	5592,5	398,125±667,47	28,30	2237,50	559,37±123,53	16,46
<i>Paratrichodorus</i>	0,00	0±0	0,00	0	0±0	0,00	0,00	0±0	0,00
<i>Paratylenchus</i>	0,00	0±0	0,00	0	0±0	0,00	0,00	0±0	0,00
<i>Pratylenchus</i>	2407,00	601,75±298,01	39,35	5401	350,25±555,20	27,34	3513,00	878,25±412,44	25,85
<i>Trichodorus</i>	40,00	10±20	0,65	487	121,75±107,64	2,46	439,50	109,87±66,29	3,23
<i>Xiphinema</i>	0,00	0±0	0,00	6,5	1,625±3,25	0,03	58,00	14,5±22,83	0,43
Total	6116,17	1529,04±2128,92	100	19758	4939,5±6695,90	100,00	13592,00	3398±4577,59	100,00

A (abundância): Somatório do número de nematoides em 300 cm³ de solo por amostras em cada tempo, Média ± DP: Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm³ de solo em cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em percentagem, Tempo1: um mês antes da irrigação, tempo 2: três meses após início da irrigação, Tempo 3: seis meses após início da irrigação.

Tabela 5 – Comunidade de nematoides na profundidade de 0,40 m em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.

Grupos Tróficos	Tempo 1			Tempo 2			Tempo 3		
	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)
Bacteiófagos	452,50	31±30,42	11,13	1144,5	71,53±54,08	9,09	932	58,25±141,66	8,60
<i>Acrobeles</i>	84	21±16,06	2,06	281	70,25±49,89	2,23	379,50	94,88±97,50	3,50
Cephalobidae	0	0	0	27	6,75±13,5	0,21	0,00	0±0	0,00
<i>Prismatolaimus</i>	126	31,5±50,54	3,09	0	0±0	0,00	0,00	0±0	0,00
Rhabditidae	242,5	60,625±36,99	5,96	836,5	209,13±154,33	6,65	552,50	138,13±88,32	5,10
Micófagos	419,00	92,81±135,11	10,31	3023	377,88±838,43	24,02	3391	423,87±241,56	31,30
<i>Aphelenchus</i>	0	0±0	0	23,5	5,88±11,75	0,19	173,50	43,38±35,39	1,60
<i>Aphelenchoides</i>	419,00	104,75±183,26	10,31	2999,5	749,88±2926,98	23,83	3217,50	804,38±447,73	29,69
Onívoros	144	33,77±36	3,44	1069	267,25±145,89	8,49	1234	308,5±101,15	11,39
Dorylaimidae	144	33,77±36	3,44	1069	267,25±145,89	8,49	1234,00	308,5±101,15	11,39
Predadores	17,50	4,375±8,75	0,43	329	41,13±45,77	2,61	234	29,26±35,2	2,16
<i>Lotonchus</i>	0	0±0	0	140	35±47,28	1,11	143,50	35,88±38,8	1,32
Mononchidae	17,5	4,375±8,75	0,43	189	47,25±44,26	1,50	90,50	22,63±31,59	0,84
Parasitas de Planta	3150,50	98,45±92,14	77,50	7019	219,34±96,92	55,77	5044,5	157,65±532,1	46,56
Criconematidae	323,5	80,87±86,95	7,96	1057	264,25±166,51	8,40	423,50	105,88±57,13	3,91
<i>Helicotylenchus</i>	258	64,5±57,95	6,35	379	94,75±48,73	3,01	298,50	74,63±38,5	2,75
<i>Meloidogyne</i>	1940	485±460,52	47,73	2594,5	648,63±193,64	20,62	1930,00	482,5±514,55	17,81
<i>Paratrichodorus</i>	236	59±75,97	5,80	11,5	2,88±5,75	0,09	71,50	17,88±33,75	0,66
<i>Paratylenchus</i>	0	0±0	0	0	0±0	0,00	23,50	5,88±11,75	0,22
<i>Pratylenchus</i>	251	62,75±39,36	6,17	2168	542±260,18	17,23	1548,50	387,13±249,14	14,29
<i>Trichodorus</i>	142	35,5±17,33	3,49	797	199,25±94,83	6,33	715,50	178,88±153,55	6,60
<i>Xiphinema</i>	0	0±	0	12	3±6	0,10	33,50	8,38±5,76	0,31
Total	4065,5	1016,37±1421,85	100	12584,5	3146,13±4352,37	100,00	10835,5	2708,88±3690,88	100,00

A (abundância): Somatório do número de nematoides em 300 cm³ de solo por amostras em cada tempo, Média ± DP: Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm³ de solo em cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em percentagem, Tempo1: um mês antes da irrigação, tempo 2: três meses após início da irrigação, Tempo 3: seis meses após início da irrigação.

Tabela 6 - Comunidade de nematoides na profundidade de 0,60 m em área de tabuleiro costeiro cultivada com cana-de-açúcar no município de Santa Rita na Paraíba.

Grupos Tróficos	Tempo 1			Tempo 2			Tempo 3		
	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)	A	M ± DP	D (%)
Bacteiófagos	356,66	22,29±50,31	32,93	517,5	32,35±32,79	5,37	1108	69,25±71,56	9,92
<i>Acrobeles</i>	41	10,25±114,15	3,79	148	37±32,28	1,54	260	65±34,38	2,33
Cephalobidae	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Prismatolaimus</i>	169,33	42,33±63	15,63	51,5	12,88±25,75	0,53	0	0±0	0
Rhabditidae	146,33	36,58±24,10	13,51	318	79,5±73,14	3,3	848	212±248,23	7,59
Micófagos	107	26,75±41,80	9,88	2085,5	260,69±18,03	21,63	4258,5	532,34±438,62	38,18
<i>Aphelenchus</i>	0	0±0	0	451,5	112,88±205,29	4,68	267	66,75±54,50	2,39
<i>Aphelenchoides</i>	107	26,75±41,80	9,88	1634	408,5±430,77	16,95	3991,5	997,88±822,76	35,74
Onívoros	271	67±56	20,01	856,6	214,15±119,97	8,89	683,5	170,88±162,13	6,12
Dorylaimidae	271	67±56	20,01	856,6	214,15±119,97	8,89	683,5	170,88±162,13	6,12
Predadores	0	0±0	0	257	32,13±20,66	2,66	98	12,56±9,67	0,88
<i>Lotonchus</i>	0	0±0	0	60	15±12,25	0,62	90,5	22,63±15,59	0,81
Mononchidae	0	0±0	0	197	49,25±28,08	2,04	7,5	1,88±3,75	0,07
Parasitas de Planta	619,41	19,36±25,23	57,18	2591	185,11±102,14	61,44	5020,5	156,9±132,04	44,96
Criconematidae	486,5	121,63±144,06	44,92	1153,5	288,38±106,63	11,97	639	159,75±65,96	5,72
<i>Helicotylenchus</i>	33,83	8,46±10,41	3,12	338,5	84,63±54,82	3,51	142,5	35,63±42,43	1,28
<i>Meloidogyne</i>	36,33	9,08±16,02	3,35	1991,5	497,88±247,68	20,66	2447	611,75±662,96	21,91
<i>Paratrichodorus</i>	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Paratylenchus</i>	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Pratylenchus</i>	22,75	5,69±11,37	2,1	1617	404,25±169,37	16,78	1318	329,5±81,68	11,8
<i>Trichodorus</i>	40	10±20	3,69	820,5	205,13±238,59	8,51	197,5	49,38±65,05	1,77
<i>Xiphinema</i>	0	0±0	0	0	0±0	0	276,5	69,13±138,25	2,48
Total	1083,08	270,78±381,69	100	9637,6	2409,4±3274,6	100	11168,5	2792,13±4066,26	100

A (abundância): Somatório do número de nematoides em 300 cm³ de solo e amostras em cada tempo, Média ± DP: Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm³ de solo em cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em porcentagem, Tempo1: 138 dias após o plantio, Tempo1: um mês antes da irrigação, tempo 2: três meses após início da irrigação, Tempo 3: seis meses após início da irrigação.

A população de micófagos aumentou nas duas profundidades iniciais durante os Tempos 1 (1- 1,75%, 10,31% e 9,88%) e 2 (15,67%, 24,02% e 21,63%), diminuindo na terceira profundidade (Tabelas 4, 5 e 6). No Tempo 3 a dominância aumentou com o aumento da profundidade (10,83%, 31,30%, 38,18%). A densidade populacional de onívoros na primeira e segunda profundidade foi notavelmente baixa, no entanto teve um aumento significativo para a última camada durante o Tempo 1 refletindo na baixa dominância, resultado semelhante ao obtido no Tempo 2, onde a densidade populacional começou a aumentar com a profundidade influenciando na dominância (5,59%, 8,49% e 8,89%), no Tempo 3 os onívoros obtiveram maior dominância na profundidade de 0,40 m.

Os endoparasitos (Figura 5A) e os Parasitos de Planta (Figura 5B) apresentaram interação entre tempo e profundidade, no entanto, os ectoparasitos (Figura 5C) houve efeito significativo do tempo. Ao avaliar os grupos que apresentaram interação (endoparasitos e parasitos de planta) observa-se que apresentaram maior densidade populacional de nematoides na profundidade de 0,20 m no Tempo 2, e menor densidade populacional na profundidade de 0,60 m no tempo 1. Esse comportamento pode estar associado a alguns fatores, por exemplo, no Tempo 1 a cultura estava se estabelecendo, desta forma a população de nematoides tende a ser menor. Enquanto que, no Tempo 2 a umidade do solo era favorável devido à irrigação constante no local, propiciando condições para o desenvolvimento e migração do nematoide para a planta hospedeira.

Outro ponto a ser levado em consideração é o desenvolvimento do sistema radicular, uma vez que, por se tratar de parasitos de planta tendem a se concentrar em áreas com maior massa do sistema radicular, o que ocorre na profundidade de 0,20 m. Além do mais, a distribuição das raízes tende a ser mais de 50% até 0,20 m de profundidade e mais de 80% do sistema radicular total até 0,40 m de profundidade sob gotejamento subsuperficial (OHASHI et al., 2015).

Assim como observado para os endoparasitos e parasitos de planta, os ectoparasitas (Figura 5C) sofreram influência significativa do tempo, ocorrendo significativamente maior densidade populacional de ectoparasitos no tempo 2. Segundo Bridge (1987), o uso da irrigação favorece a população de nematoides por propiciar condições constantes de umidade no solo, evidenciando favorecendo sua sobrevivência e reprodução.

No entanto, em ambos os casos, ocorreu redução na média populacional do Tempo 2 para o Tempo 3, sugerindo que o efeito conjunto da irrigação com o aumento da precipitação para 350 mm entre os meses de janeiro e fevereiro (Figura 2) interferiu

na dinâmica populacional dos nematoides parasitos de planta. Estudos em simuladores de chuva mostraram que maior número de nematoides foi coletado na primeira chuva que nas subseqüentes, devido à diminuição na população de nematoides a montante (Chabrier et al., 2009). Segundo Esquivel (1996), solos saturados representam também uma limitação para os nematoides, pois muitas espécies são afetadas devido à diminuição no conteúdo de oxigênio no solo.

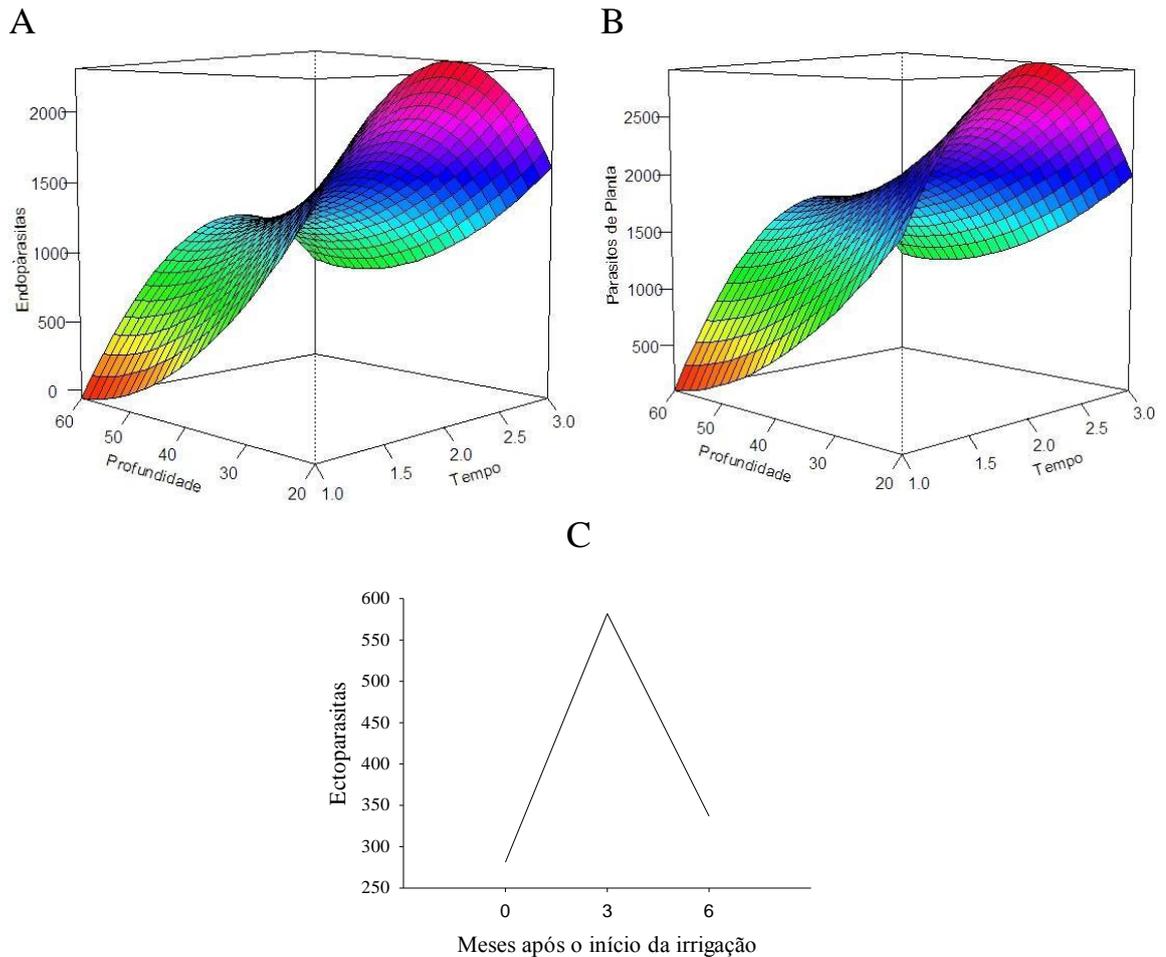
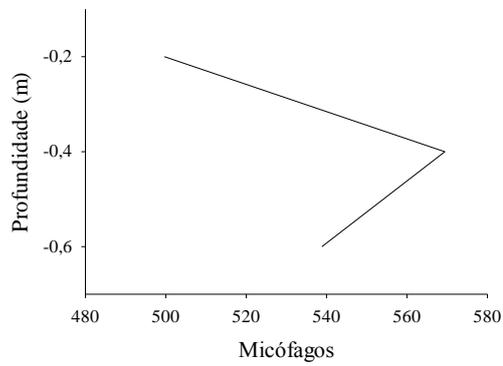


Figura 5. Número de nematoides em 300 cm^3 de solo em função do tempo e/ou profundidade na área de estudo. A - Nematoides endoparasitas, B - Total de parasitos de planta (ecto + endoparasitas), C – Nematoides ectoparasitas.

Os micófagos tiveram efeitos isolados do tempo e da profundidade. A profundidade de 0,40 m foi a que apresentou maior densidade populacional (Figura 6 A), diferente do que ocorreu com os parasitos de planta, que apresentou maior densidade na profundidade de 0, 20 m. Devido aos micófagos alimentarem-se de hifas

de fungos presentes no solo, não necessariamente necessitam estar na região com a

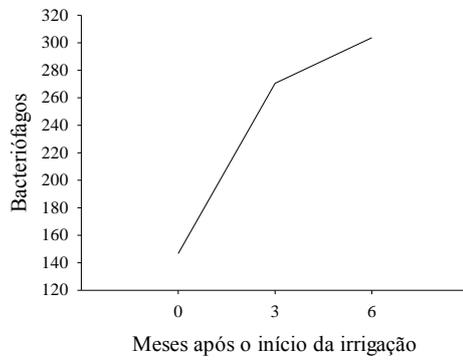
A



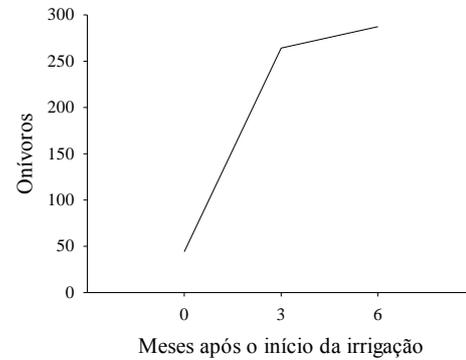
B



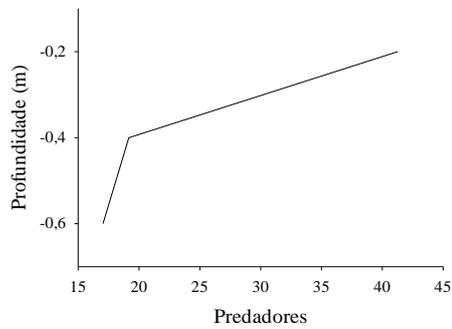
C



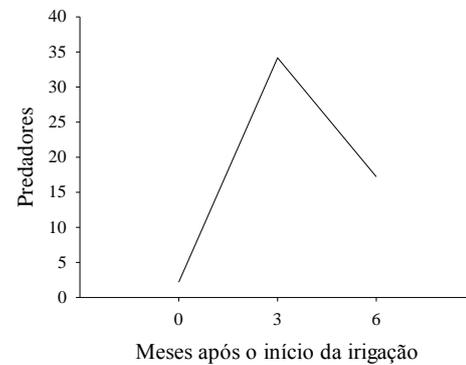
D



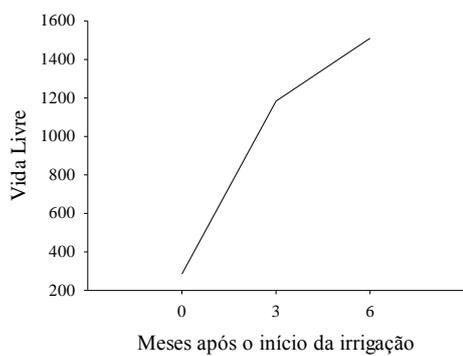
E



F



G



maior concentração do sistema radicular.

Figura 6 - Número de nematoides de vida livre em 300 cm³ de solo, em função do tempo e profundidade na área de estudo.

Por outro lado, a densidade de micófitos aumentou em função da época de estudo (Figura 6B), evidenciado que existiam condições favoráveis que permitiram que a população desses nematoides crescesse durante os períodos de coleta, atingindo maior densidade no Tempo 3.

Diferentemente do efeito significativo do tempo, as profundidades estudadas não afetaram significativamente a quantidade de bacteriófitos ao longo do perfil do solo obtiveram efeito isolado do tempo (Figura 6C). A maior densidade populacional de bacteriófitos foi registrada no Tempo 3. Por se alimentarem de bactérias presentes no solo, onde passam todo o ciclo de vida, é provável que a população fosse se estabelecendo ao longo dos períodos, não sofrendo tanta interferência da precipitação como foi observado para os parasitos de planta. Comportamento semelhante aos bacteriófitos foi demonstrado pelos onívoros, que apresentam alimentação diversificada durante o ciclo de vida (Figura 6 D).

O tempo e da profundidade afetaram de forma isolada a população de nematoides predadores, que apresentaram significativamente maior população na profundidade de 0,20 m (Figura 6E), independente do tempo. No entanto, independente da profundidade, a maior concentração de predadores ocorreu no Tempo 2 (Figura 6F). Este grupo se alimenta de protozoários, além de outros nematoides. A análise conjunta dos dados mostra que, de maneira geral, a população dos nematoides de vida livre aumentou ao longo do período estudado, ao contrário dos parasitos de planta (Figura 6G). Cadet et al. (2002) relataram que a disseminação de nematoides pela água superficial diferiu amplamente entre as diferentes espécies de nematoides, corroborando os resultados do presente estudo.

A análise da comunidade total de nematoides (total da população de todos os nematoides encontrados) demonstrou interação significativa entre tempo e profundidade (Figura 7). A maior densidade populacional dos nematoides foi constatada para o Tempo 2 na camada de 0,20 m e a menor densidade foi observada no Tempo 1, para a camada de 0,60 m.

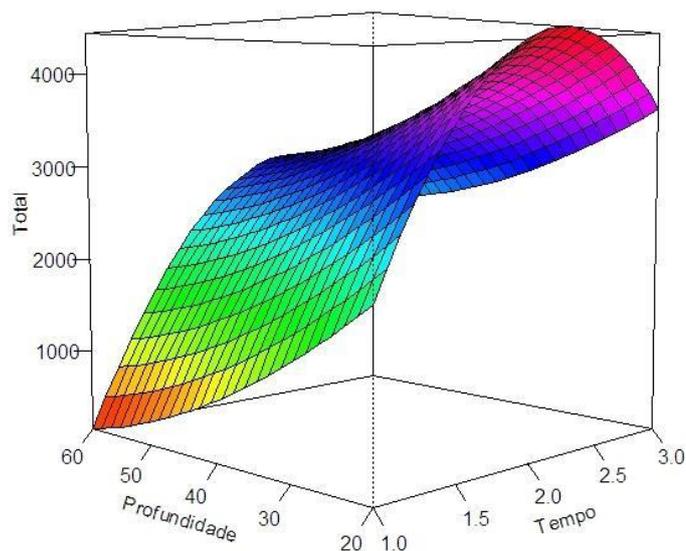


Figura 7 - Comunidade total de nematoide em função do tempo e três profundidades na área de estudo.

Os resultados ora obtidos indicam que a vazão utilizada não foi suficiente para lixiviar as populações de nematoides (vida livre e parasitos de planta). Além do mais, é possível que os exudatos radiculares atraiam os nematoides parasitos para a planta hospedeira, aumentando a resistência ao fluxo de água. Estudando o movimento de nematoides parasitos de planta em colunas de solo usando a planta hospedeira como isca, Francillino et al. (2017) relataram que a quantidade de nematoides lixiviados pelo fluxo de água era maior nas colunas sem a planta hospedeira.

CONCLUSÕES

- Os nematoides parasitos de planta são dominantes na área estudada;
- Embora os nematoides em geral sejam mais abundantes na profundidade de 0,20 m, a distribuição dos micófagos, bacteriófagos, onívoros e predadores é mais uniforme ao longo do tempo do que a dos parasitos de planta;
- Nas condições estudadas, a irrigação por gotejamento com vazão de 1 L h^{-1} e lâmina diária fixa de 5 mm não é suficiente para lixiviar os nematoides parasitos de planta ou de vida livre;
- Os nematoides de vida livre são menos influenciados pelo efeito conjunto da irrigação e precipitação do que os parasitas de planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L.; SILVA, M. A.; TEODORO, I.; HOLAND, I. a.; SAMPAIO NETO, G. D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p.262-270, 2013.

BARROS, P. A.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H.; ROLIM, M. M.; DAVID, M. F. L. Dinâmica populacional de fitonematoides sob regimes de fluxo de água em colunas de solo. **Nematropica** v. 46, n. 2, p. 244-260, 2016

BARROS, P. A.; PEDROSA, E. M. R.; CARDOSO, M. S. O.; ROLIM, M. M. Relações entre a matéria orgânica e os nematoides em área cultivada com cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 38, n. 2, p. 551-560, 2017.

BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; GOMES, C. B.; KULHN, P. R. Fitonematoides associados à cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Nematropica** v. 44, N. 2, p. 207-217 2014.

BELLÉ, CRISTIAO; KULCZYNSKI, S. M.; KUHN, P. R.; DONINI, L. P.; GOMES, C. B. Reaction of Sugarcane Genotypes to Parasitism of *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus zeae*. **Revista Caatinga**, v. 30, n.2, p. 530.2017.

BRIDGE, J. Control strategies in subsistence agriculture. In : BROW, R.H KERRY, RB. Principles and practice of nematode control in crops. Sidney: **Academic Press**, p. 389-418, 1987.

CADET, P., PLANCHON, O., ESTEVES, M., LAPETITE, J.-M. Experimental study of the selective transport of nematodes by runoff water in the Sudano-Sahelian area. **Applield Soil Ecology**, v. 19, p. 223–236, 2002.

CHABRIER, C.; CARLES, C.; DESROSIERS, C.; QUÉNÉHERVÉ, P.; CABIDOCHÉ, Y.M. Nematode dispersion by runoff water: Case study of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on nitisol under humid tropical conditions. **Applield Soil Ecology**, v. 4, n.1, p. 14 8 – 15 6, 2009.

COSTA, C. T. S.; SAAD, J. C. C.; SILVA JUNIOR, H. M. Growth and Productivity of Sugarcane Varieties Under Various Irrigation Levels. **Revista Caatinga**, v.29, n. 4, p.955, 2016.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Manejo de nematoides em cana-de-açúcar. **Jornal Cana**,v. 141, p. 64-69, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, p. 306, 2011.

ESQUIVEL, A. 1996. Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos p. 57-62. In Bertsch, F., W. Badilla, y E. Bornemisza (eds.) X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, EUNED, San José, Costa Rica. Available at http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_X/a50-2388-III_057.pdf (acesso 10 Maio 2018).

- FRANCILINO, A. H.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; CARDOSO, M. S. O.; MARANHÃO, S. R. V. L. Efeito do fluxo de água, isca vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *Pratylenchus coffeae*. **Nematropica**, vol. 47, n.1, p. 63-73, 2017.
- FERRAZ, L. C. C. B. BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: Fundamentos e importância**. Sociedade Brasileira de Nematologia, v.02, p. 268, 2016.
- FERRIS, H. Contribution of Nematodes to the Structure and Function of the Soil Food Web. **Journal of nematology**, 42, n.1, p: 63–67. 2010.
- FERRIS, H.; WILSON, L.T. Concepts and principles of population dynamics. In: VEECH, J.A.; DICKSON, D.W. Vistas on nematology: a commemoration of the twenty-fifth anniversary of the Society of Nematologists. **Hyattsville: Society of Nematologists**, p. 372-376, 1987.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692, 1964
- JOURNEL AG. Fundamentals of geostatistics in five lessons. **American Geophysical Union**, Washington, p. 134, 1989.
- LAUGHLIN, C. W., and L. G. E. LORDELLO. Sistemas de manejo de nematoides: Relações entre a densidade de população e os danos à planta. **Nematologia Brasileira**, v. 2, p.15- 24, 1977 .
- MAI, W. F.; MULLIN, P.G. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. Cornell University. Ithaca, NY, p. 271, 1996.
- MALHERBE, S.; MARAIS, D. Nematode community profiling as a soil biology monitoring tool in support of sustainable tomato production: a case study from South Africa. **Applied Soil Ecology**, v. 93, p. 19-27, 2015.
- MIRANDA, T. L., E. M. R. PEDROSA, E. F. F. SILVA, M. M. ROLIM. Alterações físicas e biológicas em solo cultivado com cana-de-açúcar após colheita e aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 150-158, 2012.
- MOURA FILHO, G. **Crescimento e absorção de nutrientes em quatro variedades de cana-de-açúcar**. In: Seminário Alagoano sobre Variedades de Cana-de-açúcar. 16, 2006.
- MOURA, G. S.; FRANZENER, G. Biodiversity of nematodes biological indicators of soil quality in the agroecosystems. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1-8, 2017.
- MOURA, R. M.; OLIVEIRA, I. S. Controle Populacional de *Pratylenchus zae* em Cana-de-açúcar em Dois Ambientes Edáficos no Nordeste do Brasil. **Nematologia brasileira**, v. 33, n.1, p. 67-73, 2008.
- MOURA, R. M. **Um sistema integrado de controle de fitonematóides da cana-de-açúcar para o Nordeste**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, v. 7, p.50-61, 2010.

- MOURA, R.M., PEDROSA, E.M.R., MARANHÃO, S.R.V.L., MACEDO, M.E.A, MOURA, A.M., SILVA, E.G. & LIMA, R.F. Ocorrência dos nematoides *Pratylenchus zae* e *Meloidogyne* spp. em cana-de-açúcar no Nordeste. **Fitopatologia Brasileira**, v.25, p.101–103, 2000.
- NORTON, H.V. **Ecology of plant – parasitic nematodes**, New York: John Weley & sons, 1978.268 p.
- OHASHI, A. Y. P; R. C. M. PIRES ; R. V. RIBEIRO ; A. L. B. O. SILVA Root growth and distribution in sugarcane cultivars fertigated by a subsurface drip system **Bragantia**, v.74, n. 2, p.131-138, 2015.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**, Curitiba, p. 136, 2010.
- RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, F. R. P.; XAVIER, A. A; ALMEIDA, V. F.; MIZOBUTSI, E. H.; CAMPO, V. P.; FERRAZ, S.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Flutuação populacional e efeito da distância e profundidade sobre nematoides em bananeira no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p.103-111, 2009.
- RITZINGER, C. H. S. P. FANCELLI, M. RITZINGER, R. Nematoides: bioindicadores de Sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1289-1296, 2010.
- SAS INSTITUTE. SAS® Certification Prep Guide: Base Programming for SAS®9, Fourth Edition, SAS Institute, 2017.
- SEVEREINO, J. J.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; TESSMANN, D. J. Nematodes associated with sugarcane (*saccharum* spp.) in sandy soils in Paraná, Brazil. **Nematropica**, v. 40, n. 1, 2010.
- SILVA, M. S.; BANDEIRA, M. A.; MARANHÃO S. R. V. L.; CARVALHO, PEDROSA, R. M.; E. M. R. Comportamento de genótipos RB de cana-de-açúcar ao parasitismo dos nematoides das galhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.11, n.2, p.73-79, 2016.
- SIGMAPLOT. For windows, version 11.0. Systat Software, 2010.
- STEVEN, A.; S. SUNDAY;D. FISAYO. Biodiversity of plant-parasitic nematodes of sugarcane in Bacita, Nigeria. **Journal of Entomology and Nematology**. v. 6, p.71-79, 2014.
- SOUZA, C. C. M.; PEDROSA, E. M. R. P.; ROLIM, M. M. PEREIRA FILHO, J. V.; SOUZA, M. A. L. M. Influência da densidade do solo infestado por nematoide no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.475–479, 2014.

TARJAN, A. C., R. P ESSER, and S. L. Chang. An illustrated key to nematodes found in fresh water. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v.49, p. 2318-2337, 1977.

UGARTE, C. M.; ZABORSKI, E. R.; WANDER, M. M. Nematode indicators as integrative measures of soil condition in organic cropping systems. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 64, p. 103-113, 2013.

VICENTE, T. F. S; PEDROSA, E. M. R; SILVA, L. M. A; ROLIM, M. M; CASTRO, D. B; LEITÃO, D. A. H. S. Dinâmica temporal da comunidade de nematoide em cana-de-açúcar em condição de baixa umidade do solo. **Nematropica**, v. 46, n. 2, 2016.

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

YEATES SE, EINUM S, FLEMING IA, MEGENS HJ, STET RJM, HINDAR K, HOLT WV, GAGE KJW, LOOK VAN MJG. Atlantic salmon eggs favour sperm in competition that have similar major histocompatibility alleles. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 276, p. 559–566, 2009.

**MIGRAÇÃO DE FITONEMATOIDES AO LONGO DO PERFIL DO SOLO
IRRIGADO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

CAPÍTULO III

MIGRAÇÃO DE FITONEMATOIDES AO LONGO DO PERFIL DO SOLO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL

RESUMO: O movimento dos nematoides no solo é influenciado por diferentes fatores, dentre os quais se destacam as propriedades físicas no solo, irrigação e precipitação. O objetivo do trabalho foi estudar a movimentação dos nematoides parasitos de planta em área sob sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial em tabuleiro costeiro cultivado com cana-de-açúcar. O estudo foi conduzido no estado da Paraíba - Brasil, entre agosto de 2017 a março de 2018, durante três períodos (antes, três e seis meses após o início da irrigação). O sistema de irrigação utilizado foi localizado por gotejamento subsuperficial com espaçamento de 0,40 m entre emissores e vazão de 1 L h⁻¹. Os pontos de coleta tiveram espaçamentos equidistantes, na vertical (0,20; 0,40 e 0,60 m) e na horizontal (0,20 até 1,80 m). Foram avaliados os nematoides parasitos de planta, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* e *Criconemella*, assim como a umidade gravimétrica, densidade, macro e micro porosidade e porosidade total do solo. Os dados foram submetidos à análise multivariada de medida repetida no tempo; as interações entre tempo e profundidade foram representadas por gráficos de superfície de resposta e a distribuição das variáveis foi observada por meio dos mapas de contorno. No geral, os nematoides parasitos de planta foram mais abundantes na profundidade de 0,20 m, *Pratylenchus* (endoparasita migrador) e *Meloidogyne* (endoparasita sedentário) concentrando-se na periferia do bulbo molhado mostrando maior dificuldade de movimentar-se em sentido contrário ao fluxo de água. Por outro lado, *Helicotylenchus* e *Criconemella* (ectoparasitas) mantiveram-se no interior do bulbo molhado, apresentando menor dificuldade de movimentar-se em sentido contrário ao fluxo de água.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, Manejo, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, Precipitação

ABSTRACT: The nematode movement in soil is influenced by different factors, among them soil physical properties, irrigation and precipitation. The objective of this work was to study the movement of plant-parasitic nematodes in an area under subsurface drip irrigation in a sugarcane-grown coastal table. The study was carried out in the state of Paraíba - Brazil, between August 2017 and March 2018, during three periods (before, three and six months after the beginning of irrigation). The subsurface drip irrigation presented a 0.40-m spacing emitters with flow rate of 1 L h⁻¹. The sampling points were

equally spaced, vertically (0.20, 0.40 and 0.60 m) and horizontally (0.20 to 1.80 m). Plant nematodes, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and *Criconemella*, as well as gravimetric moisture, density, macro and micro porosity and total soil porosity were evaluated. Data were analyzed through repeated measurements; time-depth interactions were represented by response surface plots, and the distribution of variables was observed through contour maps. In general, plant parasitic nematodes were more abundant at 0.20-m depth, *Pratylenchus* (migratory endoparasite) and *Meloidogyne* (sedentary endoparasite) concentrated at the periphery of the wet bulb, showing greater difficulty to move in the opposite direction to the water flow. On the other hand, *Helicotylenchus* and *Criconemella* (ectoparasites) remained inside the wet bulb, presenting lower difficulty to move in the opposite direction to the water flow.

KEY WORDS: Irrigation, Management, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, Precipitation

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil é uma das regiões tradicionalmente produtoras de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) do País. No entanto, sua produtividade é considerada baixa quando comparada com a produção do Sudeste (CONAB, 2018). A baixa produtividade da cultura na região Nordeste está associada a diferentes fatores tais como, o tipo de solo, as condições climáticas, o uso de poucas variedades e os problemas com os nematoides.

Diferentes autores relatam que dentre os nematoides, *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são os gêneros que mais causam danos à cultura da cana-de-açúcar devido à alta agressividade (MOURA et al., 2000; SOUZA et al., 2014; SEVERINO 2010; BELLÉ 2014). No entanto, outros nematoides parasitos de planta são comumente associados às lavouras de cana, tais como *Helicotylenchus*, *Paratrichodorus*, *Trichodorus*, *Tylenchorhynchus*, *Hemicycliophora*, *Xiphinema* e *Mesocriconema* (MOURA, 2000; MOURA, 2005).

O movimento dos nematoides no solo é dependente de várias condições edáficas, dentre as quais, textura, umidade, conteúdo de água, estrutura, temperatura, geotaxi, oxigênio, concentração de dióxido de carbono, pH, atraentes e repelentes (FUJIMOTO et al., 2010).

Apesar do comportamento parasitário, os nematoides parasitos de planta, passam parte do seu ciclo de vida no solo. Conseqüentemente, além da planta hospedeira, o tipo

de solo é também conhecido por ser um fator importante que afeta distribuição desses parasitos (FARJADO et al., 2011). No campo, as condições ambientais do solo são acometidas pela distribuição das chuvas e sistemas irrigação nas áreas, o que aumenta ou diminui a umidade do solo, influenciando no comportamento dos nematoides (FRANCILINO et al., 2017).

Como se movem através do espaço poroso e do filme de água presente no solo, torna-se mais fácil sua disseminação pelo meio líquido favorecendo o processo de contaminação das culturas (CROLL; MATHEWS, 1977; BUR; ROBINSON, 2004). Isso por que o movimento da água através do solo facilita a movimentação dos nematoides (DU CHARME, 1955). Desta forma, a combinação do espaço poroso adequado (de partículas, tamanho e espaço inter-partículas) e conteúdo de água são atributos chave no processo de proliferação da comunidade de nematoides (ESQUIVEL, 1996).

No entanto, pouco se tem conhecimento sobre a relação entre o movimento dos nematoides e o fluxo de água no solo (FUJIMOTO et al., 2009). Ducharme (1955) sugere que em solos arenosos a percolação da água influencia a direção e taxa do movimento descendente de *Radopholus similis*. Por outro lado, o fluxo de água no solo é influenciado entre outros fatores pela precipitação e evaporação, além do tipo de solo, que afeta também o movimento de nematoides no solo (FUJIMOTO et al, 2010).

Estudos acerca do movimento de nematoides em campo são incipientes, devido às interações que ocorrem entre meio ambiente, as variáveis ambientais e a planta hospedeira. No entanto, esses estudos são necessários para entender o comportamento dos nematoides parasitos de planta e sua relação com o meio em que vivem, para assim, serem estabelecidas práticas de manejo integrado dos nematoides em campo. Diante do apresentado, sugerimos as seguintes hipóteses: i) Sob sistema de gotejamento subperifical os nematoides parasitos de planta podem resistir a vazão de campo e ii) O comportamento dos nematoides no solo pode variar ao redor do bulbo molhado no sistema de irrigação. Assim, o objetivo da pesquisa foi estudar a movimentação de nematoides parasitos de planta em área irrigada por gotejamento subsuperficial em tabuleiro costeiro cultivado com cana-de-açúcar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em área cultivada com cana-de-açúcar (cana planta) pertencente à Usina Japungu, localizada no Município de Santa Rita- Paraíba, Brasil, cujas coordenadas geográficas são: 7° 8' S e 34° 59' O e altitude de 16 m. A área é cultivada com a cultura em sistema de plantio convencional, cuja variedade é a RB92-579 que apresenta ótimo perfilhamento, boa resposta a irrigação, possui alta eficiência no uso da água e nutrientes, ótimo teor de sacarose e excelente produtividade agrícola (RIDESA, 2010).

O clima da região é do tipo As' segundo a classificação de Köppen, sendo caracterizado como tropical com estação seca, cujo período chuvoso vai de maio a agosto, com precipitação média anual em torno de 1472 mm e temperatura média anual oscila em torno de 25,4 °C. Os dados de precipitação durante o período de estudo, obtidos na área encontram-se na Figura 1.

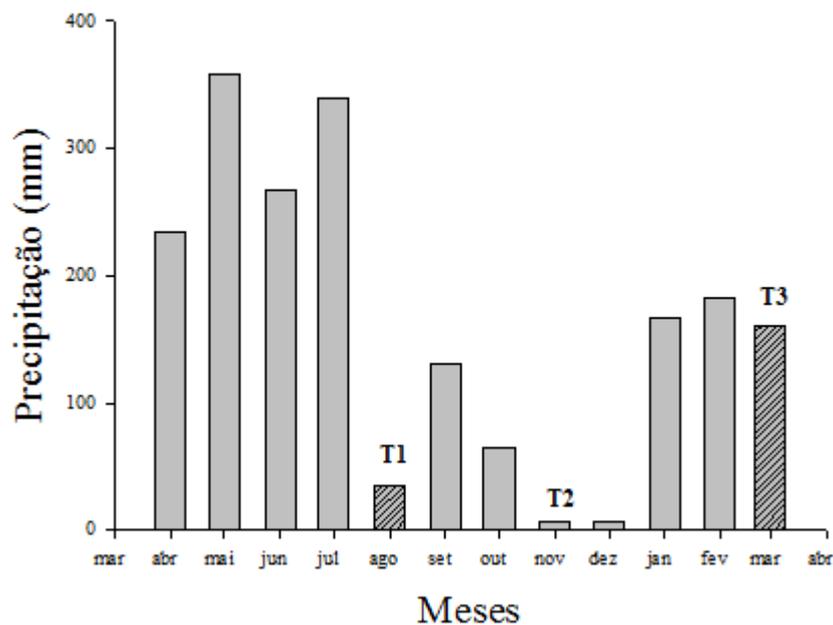


Figura 1. Distribuição mensal das chuvas, abril de 2017 a março de 2018, em área com cultivo de cana-de-açúcar (Santa Rita – PB, Brasil). T1- Final do período chuvoso (30 dias antes da irrigação); T2- três meses após o início da irrigação e T3- seis meses após o início da irrigação.

2.2 Condução do experimento e amostragem do solo

A área foi escolhida por apresentar histórico de nematoides e possuir sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (0,2 m de profundidade). A cana-de-açúcar apresentava espaçamento de 0,40 m entre plantas e 1,60 m entre as fileiras, cujo emissor apresentava vazão de 1L h^{-1} e uma lâmina diária fixa de 5 mm.

A amostragem ocorreu em três épocas distintas: Tempo 1 (02 e 03 de agosto de 2017) – 138 dias após o plantio da cana-de-açúcar durante o final do período chuvoso (um mês antes da irrigação); Tempo 2 (27 e 28 de novembro de 2017) – 254 dias após o plantio da cana-de-açúcar que corresponde a três meses após o início da irrigação e Tempo 3 (01 de março de 2018) - 348 dias após o plantio da cana-de-açúcar e seis meses após o início da irrigação. No Tempo 3 ocorreram chuvas de verão, consideradas atípicas para a região.

Antes do plantio da cana (período que antecede as amostragens) foi realizada correção do solo com aplicação de calcário e sulcagem com aplicação mecanizada de adubo N-P-K (12 52 00). No período de plantio (antes da amostragem do Tempo 2), foi realizada a aplicação do nematicida Furadan, o qual apresenta um período de carência de 90 dias. Dois meses após o plantio (antes da amostragem do Tempo 2) foi realizada a aplicação de torta de filtro.

Quatro foram abertas trincheiras com dimensões de 1,60 de largura \times 0,80 m de profundidade para coleta das amostras, os pontos foram selecionados nas profundidades de 20, 40 e 60 cm (Figura 2). Foram coletadas 27 amostras por trincheira, totalizando 108 amostras por período.

As amostras foram coletadas com o auxílio de um trado para amostras de solo indeformadas para avaliação da umidade e densidade do solo. As amostras de solo deformadas foram coletadas em cada ponto para as análises de nematoides, densidade de partículas e textura. As amostras indeformadas foram envolvidas em papel filme e armazenadas em caixas e as deformadas foram armazenadas em sacos plásticos, etiquetadas e enviadas para os laboratórios para as análises.

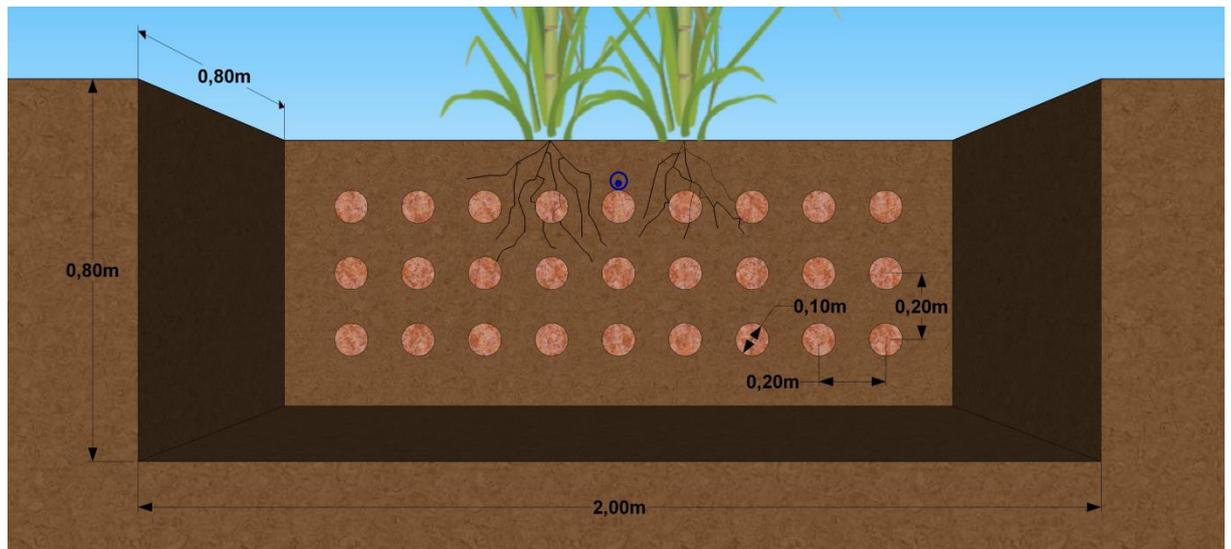


Figura 2. Representação da área, o ponto azul indica a fita gotejadora (0,20m de profundidade) e logo abaixo desta se localiza o ponto central a partir do qual os demais foram marcados a 0, 2 m um do outro.

2.3 Análises físicas do solo

A densidade do solo ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) foi determinada pelo método do anel volumétrico, a densidade de partículas ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) foi obtida pelo método do balão volumétrico a umidade (%) foi mensurada por gravimetria, a granulometria foi utilizada para determinar as frações de areia, argila e silte, pelo método do densímetro de Boyoucos (EMBRAPA, 2011). A Tabela 1 apresenta os valores de umidade e densidade do solo nos três Tempos estudados.

Tabela 1. Densidade do solo, umidade gravimétrica e porosidade total por tempo e nas três profundidades avaliadas.

Profundidade	Tempo 1			Tempo 2			Tempo 3		
	Ds	Umidade	Pt	Ds ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Umidade (%)	Pt	Ds	Umidade	Pt
0,2	1,49	8,91	44,09	1,3	3,69	51,05	1,45	13,2	45,43
0,4	1,53	9,08	42,55	1,35	5,26	49,27	1,47	11,74	44,76
0,6	1,52	10,56	43,11	1,43	8,62	46,02	1,51	13,37	43,37

Tempo 1 (um mês antes do início da irrigação); Tempo 2 (três meses após o início da irrigação); Tempo 3 (seis meses após o início da irrigação); Profundidade (m); Ds: Densidade do solo ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); Umidade (%) e Pt: Porosidade total (%).

A porosidade total foi mensurada por meio da razão entre densidade do solo e a densidade de partículas (Tabela 2). A microporosidade foi obtida por meio da mesa de

tensão (60 cca) e a macroporosidade pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

A condutividade hidráulica foi determinada a partir da velocidade com que a água se movimenta através do solo por meio de um permeâmetro de carga constante. A medida quantitativa da condutividade hidráulica (Tabela 2) foi obtida através da aplicação da equação de Darcy (Equação 1) após estabilidade.

$$Ko = \frac{Q*L}{A*H*t} \quad (1)$$

Em que:

Ko= condutividade hidráulica saturada em cm h^{-1} ; Q = volume do percolado em mL; L = altura do bloco do solo em cm; H = carga hidráulica cm; A = área do cilindro em cm^2 ; t = tempo em horas.

Tabela 2. Condutividade hidráulica saturada, densidade de partículas e análise textural, para três profundidades em solo de tabuleiro costeiro.

Profundidade (m)	ko (cm h^{-1})	Classificação	Dp (g cm^{-3})	Microporosidad	Areia	Silte	Argila
				e	a		a
				(%)			
0,20	13,37	Rápida	2,67	17,63	92,61	5,74	1,655
0,40	8,39	Moderadamente Rápida	2,66	18,44	90,42	8,085	1,49
0,60	6,66	Moderadamente Rápida	2,66	19,41	87,77	8,9	3,325

Ko= condutividade hidráulica saturada; Classificação da condutividade hidráulica em meio saturado Ko em cm h^{-1} sugerida por Ferreira (1999) apud Freire et al. (2003); Dp= densidade de partículas.

A curva de retenção de água no solo, que descreve a relação entre a umidade do solo e o potencial mátrico (Solone et al., 2012, van Genuchten 1980), foi efetuada por meio de ensaios utilizando a mesa de tensão nas tensões de 10 e 60 cca, e na câmara de pressão de Richards para pressões de 10; 33; 80; 100; 500 e 1500 Kpa (Figura 3). Os dados foram ajustados ao modelo proposto por van Genuchten (1980), no software R por meio do pacote soil physics (Lima & Silva, 2015), usando a função fitsoilwater, disponível no software R (R Core Team, 2018).

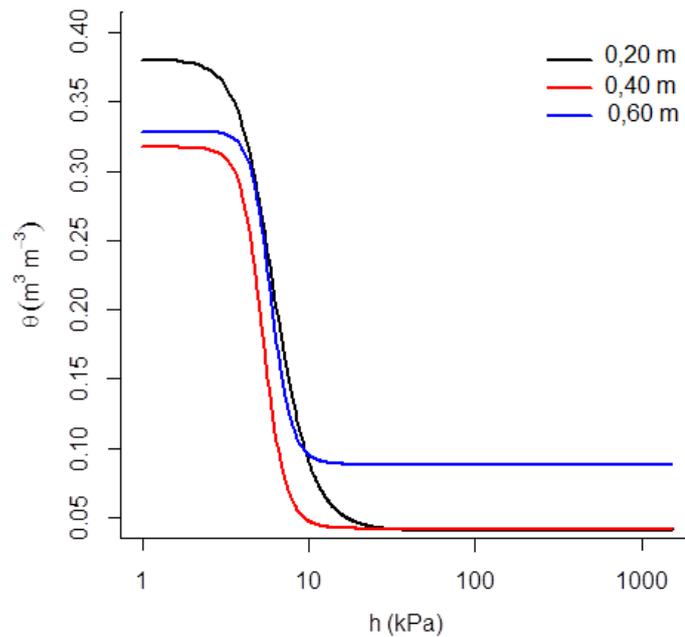


Figura 3. Curva característica de retenção de água no solo para as profundidades de 0,20; 0,40 e 0,60 m em solo arenoso de tabuleiro costeiro.

A profundidade de 0,60 m apresenta maior retenção de água (Figura 3). O final da curva representa os pontos de alta tensão, ou seja, estão relacionados com a porosidade textural, na mesma profundidade também foi observado o maior percentual de argila do solo. Enquanto a saída da curva, representa os pontos de baixa tensão que estão relacionados com a porosidade estrutural do solo. De acordo com Dexter et al (2008), poros texturais são responsáveis pelos processos de retenção e disponibilidade de água para o meio, e os poros estruturais atuam como micro-habitat onde os microrganismos realizam algumas funções como a ciclagem de nutrientes.

2.4 Análise nematológica

Foram coletados aproximadamente 0,6 kg de solo e retirados 300 cm^3 para a análise, as amostras foram homogeneizadas e processadas para extração, com o auxílio de duas peneiras de 60 e 400 meshes utilizando o método da flotação centrífuga (JENKIS, 1964). As suspensões de nematoides obtidas foram mantidas em refrigeração (4-6 °C) até a identificação e contagem das amostras.

A estimativa populacional foi obtida através de uma alíquota de 1 ml em lâmina de Peters, com o auxílio de um microscópio óptico em uma objetiva de $20\times$, em duas repetições. Os nematoides foram identificados em nível de gênero ou família no

microscópio óptico com objetivas de 40 e 100 \times . Os nematoides parasitos de planta foram identificados em nível de gênero (MAI et al., 1996).

2.5 Análise de dados

Os dados de nematoides foram transformados para $\log(x+1)$, para atender aos pressupostos da normalidade, em seguida foi realizada a estatística descritiva observando os valores de máximo, mínimo, média, coeficiente de variação, desvio padrão e curtose. Para verificar a distribuição normal foi efetuado o teste de aderência à normalidade de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância. O coeficiente de variação (CV) foi classificado em baixo ($CV < 12\%$), médio ($12 < CV < 60\%$) e alto ($CV > 60\%$) (WARRICK e NIELSEN, 1980). Também foi realizada a análise de variância e os dados submetidos ao teste de Mauchly, havendo significância pelo teste foi efetuada a análise multivariada de medida repetida no tempo, as interações entre tempo e profundidade foram representadas pelos gráficos de superfície de resposta. Para Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS 9.4 (SAS INSTITUTE INC, 2017), os gráficos foram elaborados no SigmaPlot (2010), os mapas de distribuição foram confeccionados com suporte do surfer 9 e os gráficos de superfície de resposta foram elaborados no software R (R Core Team 2018).

3. RESULTADOS

3.1. Estatística Descritiva

Os nematoides parasitos de planta apresentaram distribuição normal, observando-se os valores apresentados da média e mediana e do teste de Kolmogorov-Smirnov, em todos os períodos. No entanto, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* e *Helicotylenchus* demonstraram alta variabilidade, entre os períodos e profundidades (Tabela 3). Os maiores valores da média foram obtidos na profundidade de 0,20 m nos três períodos para a maioria dos nematoides, exceto para *Criconemella* nos Tempos 2 e 3, e *Helicotylenchus* no Tempo 3 (Tabela 3).

Quanto à variabilidade dos dados, no Tempo 1 *Meloidogyne* e *Helicotylenchus* obtiveram alta variabilidade na profundidade de 0,4 m, enquanto que, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* e *Helicotylenchus* obtiveram o mesmo resultado para a profundidade de 0,6 m. No Tempo 3, apenas *Helicotylenchus* apresentou alta variabilidade nas profundidades de 0,2 e 0,6 m (Tabela 3). *Criconemella* foi o único nematoide que

obteve distribuição homogênea na área, indicado pela baixa e média variabilidade dos dados.

Tabela 3. Estatística descritiva dos nematoides parasitos de planta associados à cana-de-açúcar em áreas de tabuleiros costeiros no Estado da Paraíba, antes e após a irrigação.

TEMPO 1 (Um mês antes da irrigação)												
Nematoides	Prof.	Média	Med.	Mín.	Máx.	Var.	D.P.	C.V.	Erro	ks	Curtose	Variabilidade
<i>Pratylenchus</i>	0,2	2,74	2,75	2,45	2,99	0,05	0,23	8,4	0,11	0,45	-0,03	Baixa
	0,4	1,75	1,66	1,59	2,08	0,05	0,23	13,11	0,11	0,45	3,43	Média
	0,6	0,34	0	0	1,36	0,46	0,68	200	0,34	0,45	4	Alta
<i>Meloidogyne</i>	0,2	2,45	2,66	1,35	3,12	0,58	0,76	31,27	0,38	0,45	2,5	Média
	0,4	2,05	2,59	0	3	1,95	1,4	68,12	0,7	0,45	3,09	Alta
	0,6	0,51	0,26	0	1,52	0,51	0,72	140,27	0,36	0,45	1,33	Alta
<i>Helicotylenchus</i>	0,2	1,33	1,34	1,28	1,35	0	0,03	2,42	0,02	0,45	1,73	Baixa
	0,4	0,74	0,65	0,44	1,22	0,12	0,34	45,99	0,17	0,45	1,47	Média
	0,6	0,13	0,07	0	0,37	0,03	0,18	136,75	0,09	0,45	0,76	Alta
<i>Criconemella</i>	0,2	1,21	1,23	0,96	1,41	0,05	0,21	17,73	0,11	0,45	-4,03	Média
	0,4	0,95	1,03	0,36	1,37	0,24	0,49	52,18	0,25	0,45	-3,5	Média
	0,6	1,05	0,98	0,67	1,57	0,15	0,39	37,24	0,2	0,45	0,33	Média
TEMPO 2 (Três meses após a irrigação)												
<i>Pratylenchus</i>	0,2	3,1	3,07	2,94	3,33	0,03	0,17	5,44	0,08	0,45	-0,53	Baixa
	0,4	2,67	2,82	2,19	2,85	0,1	0,32	12	0,16	0,45	3,94	Baixa
	0,6	2,58	2,56	2,39	2,79	0,03	0,18	7,02	0,09	0,45	-2,37	Baixa
<i>Meloidogyne</i>	0,2	3,11	3,07	2,93	3,37	0,04	0,19	6,26	0,1	0,45	0,38	Baixa
	0,4	2,79	2,85	2,57	2,92	0,02	0,15	5,47	0,08	0,45	3,24	Baixa
	0,6	2,66	2,62	2,46	2,93	0,04	0,2	7,41	0,1	0,45	1,73	Baixa
<i>Helicotylenchus</i>	0,2	1,39	1,31	1,21	1,72	0,05	0,23	16,61	0,12	0,45	3,27	Média
	0,4	0,97	1,02	0,63	1,22	0,07	0,26	26,95	0,13	0,45	-0,34	Média
	0,6	0,89	0,93	0,47	1,23	0,11	0,33	37,23	0,17	0,45	-0,99	Média
<i>Criconemella</i>	0,2	1,3	1,31	0,94	1,64	0,13	0,36	27,99	0,18	0,45	-5,46	Média
	0,4	1,4	1,41	1,03	1,74	0,09	0,29	21,06	0,15	0,45	0,85	Média
	0,6	1,48	1,5	1,29	1,65	0,03	0,17	11,45	0,08	0,45	-3,53	Baixa
TEMPO 3 (Seis meses após a irrigação)												
<i>Pratylenchus</i>	0,2	2,91	2,88	2,72	3,16	0,04	0,19	6,61	0,1	0,45	0,22	Baixa
	0,4	2,51	2,52	2,2	2,79	0,1	0,32	12,63	0,16	0,45	-5,76	Média
	0,6	2,51	2,51	2,38	2,64	0,01	0,11	4,28	0,05	0,45	1,5	Baixa
<i>Meloidogyne</i>	0,2	2,74	2,75	2,61	2,85	0,01	0,1	3,61	0,05	0,45	1,63	Baixa
	0,4	2,5	2,48	1,95	3,09	0,22	0,47	18,87	0,24	0,45	1,18	Média
	0,6	2,55	2,6	1,82	3,2	0,33	0,57	22,37	0,29	0,45	1,11	Média
<i>Helicotylenchus</i>	0,2	0,81	0,77	0,05	1,68	0,45	0,67	82,79	0,34	0,45	1,15	Alta
	0,4	0,86	0,92	0,48	1,13	0,08	0,28	31,97	0,14	0,45	2,07	Média
	0,6	0,43	0,35	0	1,02	0,23	0,48	111,32	0,24	0,45	-2,47	Alta
<i>Criconemella</i>	0,2	0,91	0,9	0,35	1,5	0,22	0,47	51,82	0,24	0,45	1,05	Média
	0,4	1,03	0,94	0,91	1,33	0,04	0,2	19,13	0,1	0,45	3,91	Média
	0,6	1,17	1,32	0,68	1,35	0,11	0,33	27,96	0,16	0,45	3,79	Média

Prof.- profundidade(m); Med.- mediana; Min.- mínimo; Máx. -Máximo; Var. Variância; D.P.-Desvio padrão; C.V. – Coeficiente de variação (%);KS – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade

3.2. Distribuição espaço-temporal dos nematoides

Dentre os gêneros estudados, apenas *Pratylenchus* apresentou interação entre tempo e profundidade (Figura 4A), havendo maior densidade populacional no Tempo 2 na profundidade 0,2 m. Para *Meloidogyne* (Figuras 4B e C) e *Helicotylenchus* (Figuras 4D e E) ocorreu efeito significativo do tempo e da profundidade, isoladamente, enquanto que, para *Criconemella* (Figura 4F) apenas o tempo apresentou efeito significativo. A maior densidade populacional de *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* e *Criconemella* ocorreu no Tempo 2 quando avaliada todas as profundidades em conjunto (Figuras 4C, 4E e 4F).

Os mapas de contorno mostraram que a distribuição de *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* e *Criconemella* variou entre os gêneros nos períodos e profundidades estudadas (Figura 5). No Tempo 2 *Pratylenchus* obteve maior distribuição na profundidade entre 0, 20 e 0, 40 m, concentrando-se próximo à zona radicular da cultura. À medida que se distanciou da zona radicular, houve diminuição na densidade populacional, principalmente na vertical. A 0,20 m de profundidade, a umidade e a densidade do solo obtiveram as menores médias ocorrendo o inverso com a porosidade total (Tabela 1 e Figura 6), indicando uma possível relação entre *Pratylenchus* e as variáveis do solo.

A avaliação conjunta dos mapas de *Pratylenchus* e da umidade mostra maior concentração do nematoide nos pontos em que a umidade não estava tão elevada (Figuras 5 e 6). Nota-se ainda, que *Pratylenchus* apresentou resistência ao fluxo do emissor (1 L h^{-1}), mesmo nos pontos em que foi detectado em baixa densidade populacional, uma vez que sua presença foi observada logo abaixo do emissor (posicionado no ponto 100). Contudo, nos pontos mais distantes, os quais o bulbo molhado não alcançava, a presença de nematoides foi mais acentuada.

No Tempo 3, *Pratylenchus* se redistribuiu no solo, após a ocorrência de chuvas fora de época, e apesar da maior concentração ainda ser nos primeiros 0,20 m do solo, ocorreu redução em relação a amostragem anterior (Figura 5).

Meloidogyne apresentou maior distribuição nos primeiros 0,40 m de profundidade no Tempo 1, com maior concentração em torno do ponto 80. Horizontalmente, quando se distanciava da zona radicular, a população diminuiu se aproximando de zero. A maior densidade populacional de *Meloidogyne* coincidiu com os maiores valores de

densidade do solo, macroporosidade e porosidade total (Figuras 5 e 6) e umidade de aproximadamente 12% (Tabela 1).

Três meses após o início da irrigação (Tempo 2), *Meloidogyne* apresentou comportamento semelhante a *Pratylenchus*, mostrando pouca resistência à vazão, contudo, nota-se que a maior distribuição do nematoide das galhas ocorreu na periferia do bulbo molhado. A maior densidade populacional de *Meloidogyne* ocorreu próxima aos pontos 80 e 120. Ao contrário, a menor população *Meloidogyne* foi observada no ponto com maior teor de umidade (Figuras 5 e 6).

Diferente do que vinha sendo observado nos demais tempos, no Tempo 3 *Meloidogyne* apresentou maior concentração na profundidade de 0,60 m majoritariamente no ponto 60. Observa-se ainda que para o ponto 120, a redução foi mais acentuada, sendo que para estes pontos a umidade se encontrava em torno de 12% (Tabela 1), o que corresponde ao maior valor encontrado na época irrigada (Figuras 5 e 6).

No Tempo 1 a densidade populacional de *Helicotylenchus* foi maior entre o ponto central (100) e o ponto (120) obtendo maior distribuição até a profundidade de 0,40 m. Nesta profundidade intermediária foi encontrado os maiores valores para a porosidade total bem como os menores valores de densidade do solo (Figuras 5 e 6).

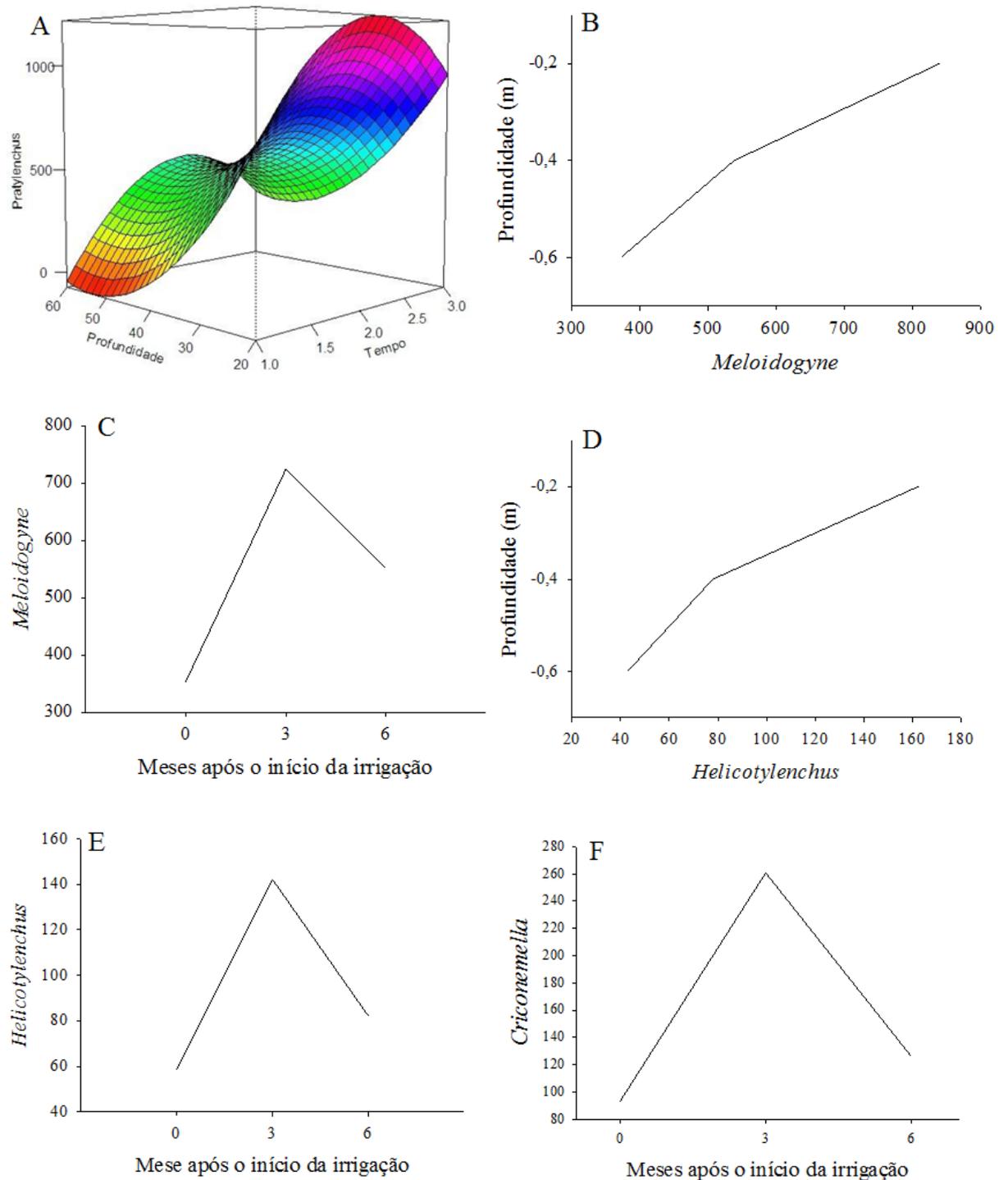


Figura 4. Densidade populacional de nematoides parasitos de planta na área experimental. A – *Pratylenchus* em função do tempo e profundidade; B – *Meloidogyne* em função da profundidade, C – *Meloidogyne* em função do tempo; D – *Helicotylenchus* em função da profundidade, E - *Helicotylenchus* em função do tempo, F – *Criconemella* em função do tempo.

No Tempo 2, *Helicotylenchus* apresentou maior densidade populacional no ponto central onde se localiza o emissor (100). Observa-se ainda que estes se distribuíram pela região central da trincheira, mesmo apresentando os maiores valores de umidade

(Tabela 1). No Tempo 3 *Helicotylenchus* obteve maior distribuição em torno da profundidade de 0,20 m, mesmo com redução populacional em relação ao Tempo 2 (Figura 5).

No tempo 1 *Criconemella* apresentou comportamento diferente do que foi observado para os demais nematoides parasitos de planta. Esses nematoides se distribuíram uniformemente ao longo do perfil do solo, com maiores concentrações entre os pontos 80 a 120, tanto no sentido horizontal quanto no vertical, diminuindo esta condição à medida que ocorreu distanciamento destes pontos (Figura 5).

No Tempo 2 a densidade populacional aumentou em relação ao Tempo 1, e assim como ocorreu com *Helicotylenchus*, *Criconemella* apresentou maior capacidade de se deslocar no sentido oposto a vazão do emissor. As maiores densidades populacionais encontram-se no ponto de localização do emissor e no interior do bulbo molhado. Também foi observada concentração elevada no ponto 180, na profundidade de 0, 60 m (Figura 5).

Como observado para *Helicotylenchus* no Tempo 3, *Criconemella* apresentou as maiores densidades populacionais na profundidade de 0, 20 m, mesmo em quantidade inferior ao Tempo 2. É importante ressaltar que para a profundidade de 0, 60 m, no ponto 180, ocorreram reduções na densidade populacional (Figura 5).

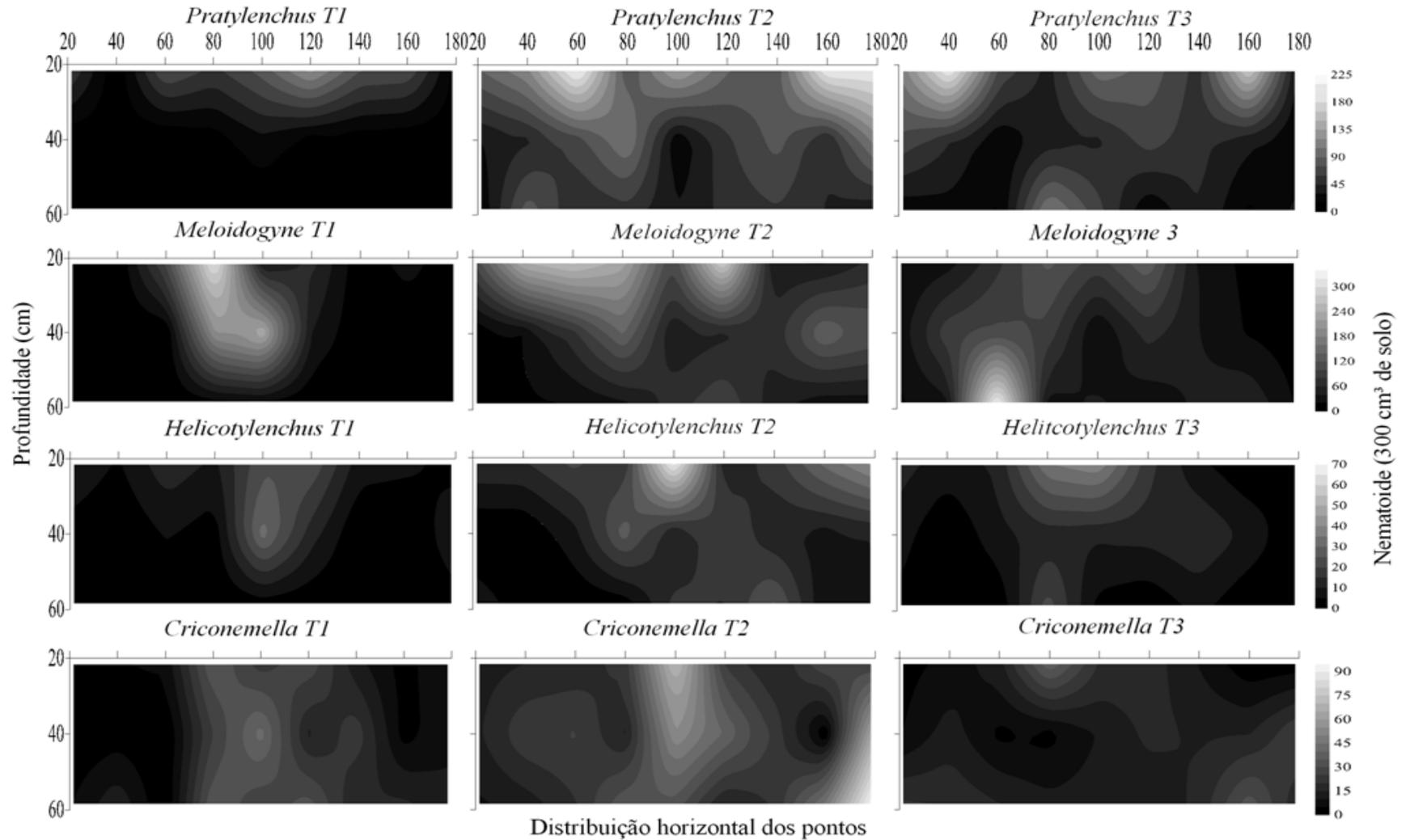
4. DISCUSSÃO

4.1 Densidade populacional de nematoides parasitos de planta

A maior densidade populacional de nematoides foi observada na profundidade de 0,20 m e a menor na de 0, 6 m. Segundo Ohashi et al. (2015), no sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial a distribuição de 50% do sistema radicular ocorre até 0,2 m de profundidade e mais de 80% do sistema radicular total até 0,4 m de profundidade. Quando analisado o efeito dos tempos de estudo, a menor densidade populacional foi observada no Tempo 2, onde tanto a cultura quanto a comunidade de nematoides parasitos de planta se encontrava em processo de estabelecimento no ambiente.

As maiores densidades populacionais encontradas neste período para os nematoides podem estar associadas ao fato da cultura estar se estabelecendo, com maior desenvolvimento do sistema radicular em relação à primeira amostragem, dando melhores condições para o aumento populacional, além de umidade favorável devida o uso da irrigação. Contudo, informações a cerca da influência da irrigação na movimentação e distribuição dos nematoides ainda são incipientes, os poucos trabalhos

que se tem na literatura investigaram como o fluxo de água interfere na movimentação destes organismos em colunas de solos, onde existe controle do fluxo aplicado bem como da temperatura sem influência das variáveis ambientais (FUJIMOTO et al., 2009 e 2010; BARROS et al., 2016; FRANCILLINO et al., 2017), diferente do que ocorre em campo onde há interferência de diversos fatores.

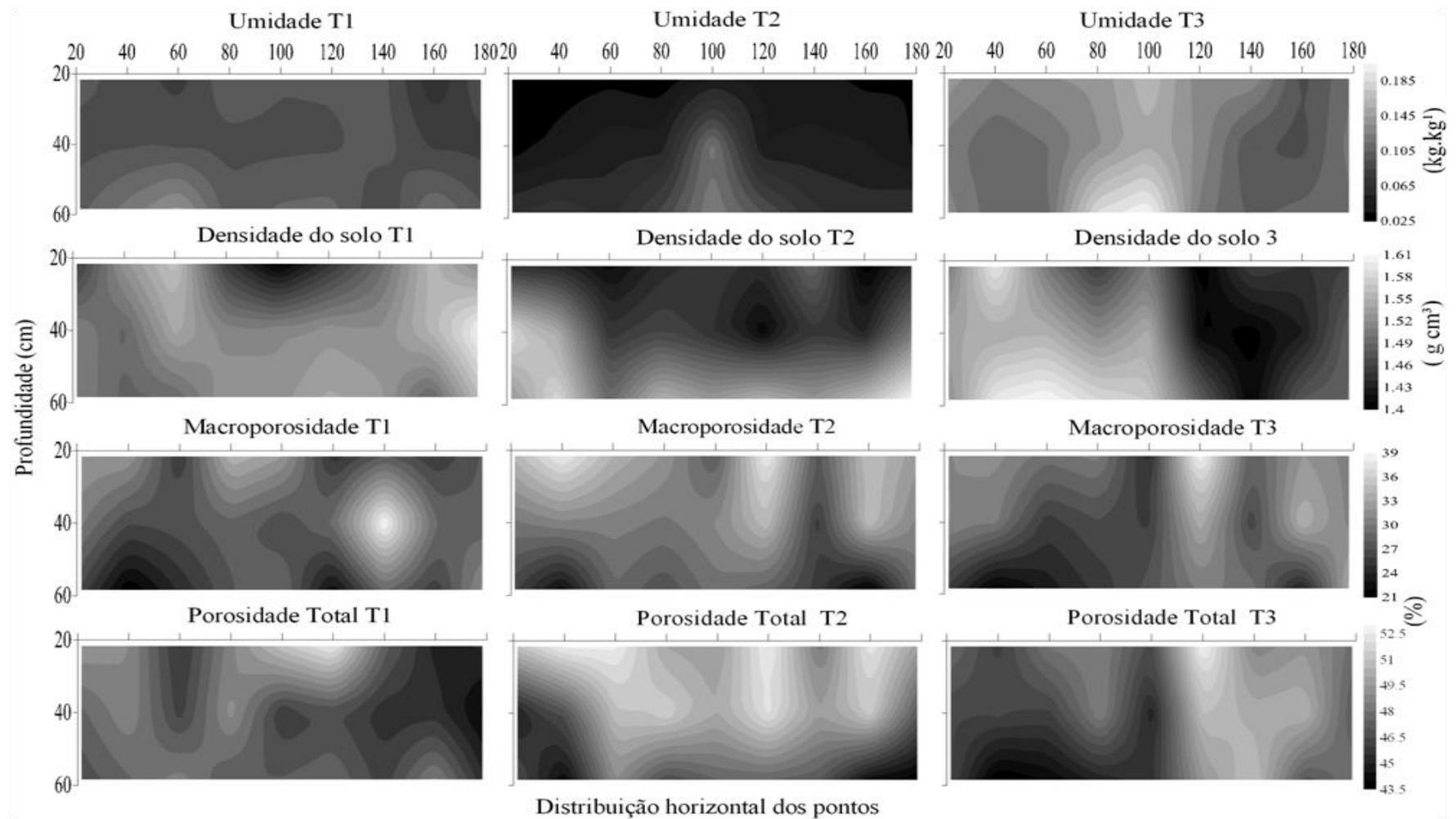


1

2 Figura 5. Distribuição de nematoides parasitos de planta ao longo do perfil do solo em três profundidades (0,20; 0, 40 e 0, 60 m)

3 durante três períodos (antes-T1, três-T2 e seis-T3 meses após o início da irrigação) em área cultivada com cana-de-açúcar irrigada na

4 Paraíba, Brasil



5

6 Figura 6. Distribuição dos atributos físicos do solo, em três profundidades (0,20; 0, 40 e 0,60 m) durante três períodos (antes-T1, três-T2 e
7 seis-T3 meses após o início da irrigação) em área cultivada com cana-de-açúcar irrigada na Paraíba, Brasil.

8

Possivelmente as menores densidades populacionais encontradas no Tempo 3 foram em decorrência da alta precipitação entre os meses de janeiro e fevereiro. A precipitação juntamente com as características edáficas podem estar associada à lixiviação desses nematoides. Estudos efetuados em coluna de solo constataram lixiviação de espécies do gênero *Pratylenchus* quando aplicado fluxo de água (FRANCILINO et al., 2017; BARROS et al., 2016), em condições controladas de solo, água e temperatura, diferente do ambiente do campo.

4.2 Distribuição de *Pratylenchus* no perfil do solo

No Tempo 1, as maiores densidades populacionais encontraram-se entre os pontos (80 e 120 no eixo x), ou seja, 0,2 m distante de onde estava localizada a cana (ponto 100), assim, quanto mais próximo da planta hospedeira, maior a densidade populacional dos nematoides, pela proximidade da fonte de alimentação (ASMUS; GALBIERI, 2013). Verschoor et al. (2001) também observaram que as densidades populacionais de *Pratylenchus* spp. diminuíram com o aumento da profundidade.

As baixas densidades encontradas abaixo do ponto central, no Tempo 2, evidencia a dificuldade destes para realizar o movimento em sentido contrário à vazão do emissor, e por isso estes nematoides acabam migrando para a região com menor interferência do movimento da água.

A irrigação pode ter favorecido a movimentação destes organismos também no sentido vertical do solo, uma vez que apresentaram comportamento diferente do Tempo 1, pois possuíam densidades populacionais um pouco elevada nas profundidades de 0, 40 e 0, 60 m em relação ao Tempo 2. Em trabalhos realizados em áreas de vinhedo irrigado, Howland et al. (2014) observaram que as densidades populacionais de *Pratylenchus* spp. diminuíram com a profundidade do solo. Contudo, Quader et al. (2003) relatam que essa redução ocorreu especialmente a partir de 0,45 m aproximadamente, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo. Assim, os nematoides se redistribuíram no perfil do solo, mas mantendo sua maior densidade populacional a uma profundidade de 0,20 m.

Os atributos físicos do solo também podem ter contribuído para a movimentação, pois em solos arenosos, a movimentação de nematoides é facilitada pela maior quantidade de macroporos que favorecem a aeração (Olabiyi et al 2009), bem como a movimentação da água, uma vez que o valor da K_o variou de rápida a moderadamente rápida. Segundo Esquivel (1996), solos com maior porcentagem de argila inibem a movimentação de alguns gêneros de nematoides parasitos de planta. Ressalta-se que a

camada que possui maior densidade populacional (0,2 m) apresenta alto percentual de areia (aproximadamente 90%); enquanto que a última camada (0,6 m) tem a maior porcentagem de argila, conseqüentemente maior retenção de água.

No Tempo 3, é provável que as chuvas que ocorreram antes da amostragem tenham afetado a movimentação dos nematoides, pois mesmo no ponto onde a cana se encontrava, os nematoides mostraram dificuldades de se direcionar ao sistema radicular. Como observado, os pontos com maior teor de umidade foram os mesmos com as menores densidades populacionais. Trabalhos que estudaram a movimentação de nematoides em coluna de solo constataram que quando aplicado fluxo de água ocorreu a lixiviação de espécies do gênero *Pratylenchus* (FRANCILINO et al., 2017; BARROS et al., 2016); contudo, quando nas colunas se tinha a presença de isca vegetal, a lixiviação foi menor quando comparado a coluna sem a isca (FRANCILINO et al., 2017).

4.3 Distribuição de *Meloidogyne* no perfil do solo

Como *Pratylenchus*, *Meloidogyne* também foi encontrado em maior densidade populacional próximo à zona radicular. No Tempo T1, como um endoparasita sedentário, este sempre busca o sistema radicular para poder completar o ciclo de vida. Segundo Benh (2012), os espécimes de *Meloidogyne* migram para a planta hospedeira em busca de fonte de alimentação e permanecem no local até completar o ciclo de vida ou o do hospedeiro. Em videiras Quader et al. (2001) relataram que as densidades populacionais mais altas ocorriam onde a maioria das raízes estavam localizadas.

A baixa densidade populacional próxima ao emissor no Tempo 2 também evidenciou a dificuldade de mover-se em sentido contrário. Mesmo sob estas condições, houve aumento na densidade populacional, bem como direcionamento às raízes da planta hospedeira em busca de alimentação e conclusão do ciclo de vida.

Segundo Prot e Van Gundy (1981), em solos arenosos ocorre maior frequência e abundância de *Meloidogyne* quando comparados a solos argilosos. Diferente do Tempo 1, em que a distribuição de *Meloidogyne* encontrava-se praticamente estabelecida entre os pontos de 60 à 120; no Tempo 2 os nematoides estavam presentes em diferentes pontos da trincheira e principalmente em regiões em que apresentaram valores entre aproximadamente 4 e 6% de umidade. Além da umidade deve-se levar em consideração o caráter arenoso do solo, pois a área de maior densidade populacional de nematoides corresponde também à que tem a maior porcentagem de areia.

Segundo Farjado, et al. (2011), *Meloidogyne* spp. é diretamente influenciado pelo porcentual de areia do solo pois, ainda segundo o autor, a maior macroporosidade aumenta a circulação de ar e acelera os processos biológicos. Arévalo et al. (2007) relataram que *Meloidogyne* spp. apresentaram maior mobilidade quando os solos são constituídos com mais de 50% de areia. Em estudos com coluna de solo, Fujimoto et al. (2009) relatam que juvenis (J2) de *Meloidogyne* não foram encontrados na água de drenagem, sugerindo que podem suportar fluxos de água natural do solo. No entanto, Esquiavel (1996) relata que a porcentagem de juvenis de *M. incognita* capaz de migrar e penetrar as raízes de tomate diminui conforme aumenta a porcentagem de argila no solo.

No Tempo 3 ocorreu uma nítida redução na densidade populacional, permitindo supor que os nematoides foram carreados pela intensidade da chuva para as camadas subsequentes; nitidamente observa-se uma redução na sua população em relação ao Tempo 2, que possuía a maior densidade populacional na profundidade de 0,20 m. Segundo Rocha et al. (2016), condições ambientais, a exemplo da umidade do solo, constituem fatores importantes que afetam o processo de migração e reprodução de *Meloidogyne*. Ainda segundo o autor, como os solos arenosos possuem maiores espaços porosos que os argilosos, os primeiros apresentaram maior movimento de J2.

4.4 Distribuição de *Helicotylenchus* no perfil do solo

No Tempo 1, período em que a cultura não estava irrigada, a maior densidade populacional de *Helicotylenchus*, assim como os demais nematoides descritos anteriormente, ocorreu no local onde se encontrava a maior massa do sistema radicular. Contudo, no Tempo 2, três meses após o início da irrigação, estes conseguiram se manter em sentido contrário à vazão do emissor, mesmo sob baixa densidade populacional, evidenciando melhores condições para seu desenvolvimento, especialmente na profundidade de 0,20 m.

Diferente do que ocorreu com os demais nematoides, aparentemente *Helicotylenchus* apresentou maior resistência à vazão estabelecida, pois mesmo em níveis populacionais baixos, eles conseguiram aumentar sua densidade em relação à amostragem anterior. Em estudos de flutuação populacional de nematoides em áreas com plantações de banana irrigada, Ribeiro et al. (2009) relataram que a maior densidade de *Helicotylenchus* também ocorreu na profundidade de 0,20 m.

A redução na densidade populacional de *Helicotylenchus* ocorrida do Tempo 2 para o Tempo 3 foi atribuída à intensa precipitação que ocorreu antes da amostragem no

Tempo 3, pois a tendência seria aumentar com o tempo desde que mantidas as condições adequadas de nutrientes e umidade. Da mesma forma que ocorreu um aumento do Tempo 1 para o 2, era esperado resultado semelhante no Tempo 3; mas o elevado aumento da umidade deve ter afetado o comportamento do nematoide, reduzindo sua população.

4.5 Distribuição de *Criconemella* no perfil do solo

No Tempo 1, final do período chuvoso e que antecede ao período irrigado, *Criconemella* apresentou comportamento semelhante aos demais. Contudo, no Tempo 2 o comportamento foi semelhante ao de *Helicotylenchus*, apresentando resistência à vazão de água do emissor. A alta densidade no ponto de 180 na maior profundidade (0,60 m) pode estar associada às propriedades físicas do solo, que favoreceram o movimento da água entre os espaços porosos carreando estes nematoides. Segundo Farjado et al. (2011), os nematoides parasitos de planta possuem capacidade natural para se movimentarem livremente entre as partículas do solo pela água, assim a irrigação pode ter contribuído para o aumento do movimento.

A redução na densidade populacional de *Criconemella* no Tempo 3 é atribuída à precipitação elevada que ocorreu anterior à amostragem, que associado com o solo arenoso, contribuíram para que ocorresse carregamento destes nematoides para camadas subsequentes do solo, afetando assim a movimentação destes em direção a planta hospedeira.

4.6 Considerações finais

Nota-se que no Tempo 2 os nematoides parasitos de planta apresentaram resistência ao fluxo de água. Segundo Fujimoto et al. (2009), os nematoides parasitas de planta têm a capacidade de resistir ou escapar do movimento do fluxo de água no solo, que pode servir para aumentar sua probabilidade de infectar a planta hospedeira. Segundo Howland et al. (2014), os espaços porosos maiores em solos arenosos podem fazer com que a água de irrigação percole mais rapidamente, facilitando assim a movimentação dos nematoides, uma vez que se locomovem por meio de filme de água.

No entanto, no presente estudo, *Meloidogyne* (endoparasita sedentário) e *Pratylenchus* (endoparasita migrador) apresentaram maior densidade populacional na periferia do bulbo molhado, enquanto *Helicotylenchus* e *Criconemella* (ectoparasitas) tiveram as maiores densidades dentro do bulbo. Desta forma, pode-se sugerir que com o

início da irrigação os endoparasitas, que são o grupo que mais causam danos às culturas, inclusive a cana-de-açúcar, teriam maior dificuldade de resistir ao fluxo e por consequência, alcançar o sistema radicular.

De maneira geral, no Tempo 3 ocorreu diminuição na densidade populacional dos nematoides. Fato que pode ter associação direta com a precipitação que ocorreu entre os meses de janeiro a março, contribuindo para que os nematoides fossem carregados para maiores profundidades no interior do solo. A movimentação dos nematoides então sofreu influência das chuvas, além do caráter arenoso do solo.

É importante ressaltar os valores elevados de umidade no Tempo 2. Em estudos sobre a disseminação de nematoides com simulação de chuva, Chabrier et al. (2009) relataram uma diminuição da população de nematoides subsequente para cada simulação, sendo o maior número de nematoides encontrado na primeira precipitação, e a partir desta a população foi diminuindo.

Em estudos sobre a comunidade de nematoides em áreas de cana-de-açúcar, Rodrigues et al. (2011) observaram que devido á umidade elevada do solo, em decorrência da alta precipitação, os níveis populacionais de endoparasitas na raiz foram afetados negativamente, e que, de maneira geral, os nematoides parasitos de planta diminuíram com a profundidade. Segundo Esquivel (1996), solos saturados são também uma limitação para os nematoides, pois muitas espécies são afetadas pelo baixo conteúdo de oxigênio no solo. Diferentes nematoides apresentaram diferentes comportamentos sob a influência de fatores externos (irrigação e precipitação), mas em geral houve diminuição na população após um período de precipitação elevada.

5 CONCLUSÕES

- Apesar da maior abundância na profundidade de 0,20 m, a população de nematoides aumenta com o aumento da macroporosidade e porosidade total do solo;
- Em condições de irrigação por gotejamento com lâmina diária fixa de 5 mm e vazão de 1 L h^{-1} , *Pratylenchus* e *Meloidogyne* tendem a se concentrar na periferia do bulbo molhado, apresentando maior dificuldade de movimentar-se em sentido contrário ao fluxo de água;
- *Helicotylenchus* e *Criconemella* tendem a se manter no interior do bulbo molhado, apresentando menor dificuldade de movimentar-se em sentido contrário ao fluxo de água;

- *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* e *Criconebella* resistem a uma lâmina diária fixa de 5 mm com vazão de 1 L h⁻¹;
- A resistência desses nematoides à lâmina e vazão utilizadas no presente estudo é afetada pelo aumento da precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASMUS, G. L., GALBIERI, R. 2013. Densidade populacional e distribuição espacial de *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis* em algodoeiro em sistema de plantio adensado. **Nematologia Brasileira**, v. 37, n.3-4, p. 42-47.

ARÉVALO, G.E., ZÚÑIGA, C.L., BALIGAR, V., BAILEY, B., CANTO, Y.M. 2007. Dinâmica poblacional de nematodos asociados al sistema de cultivo tradicional de cacao en la amazonia peruana. 8 p. In Taller Pan- Amazónico sobre Biodiversidad del Suelo, Rio Branco, Acre, Brasil. 26 y 29 de septiembre. Available at http://https://www.researchgate.net/profile/Enrique_Arevalo3/publication/301544685_DINAMICA_POBLACIONAL_DE_NEMATODOS_ASOCIADOS_AL_SISTEMA_DE_CULTIVO_TRADICIONAL_DE_CACAO_EN_LA_AMAZONIA_PERUANA/links/5718552a08ae30c3f9f17a77/DINAMICA-POBLACIONAL-DE-NEMATODOS-ASOCIADOS-AL-SISTEMA-DE-CULTIVO-TRADICIONAL-DE-CACAO-EN-LA-AMAZONIA-PERUANA.pdf?origin=publication_detail (acesso dia 18 de abril de 2018).

BARROS, P. A., PEDROSA, E. M. R., SILVA, E. F. F., MIRANDA, J. H., ROLIM, M. M., DAVID, M. F. L. 2016. Dinâmica populacional de fitonematoides sob regimes de fluxo de água em colunas de solo. **Nematropica**, v. 46, n. 2, p. 244-260.

BELLÉ, C., KULCZYNSKI, S. M., GOMES, C. B., KULHN, P. R. 2014. Fitonematoides associados à cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Nematropica**, v. 44, n. 2.

BEHN, J.L. 2012. **Comparison of methods and corn types for efficient extraction of endoparasitic nematodes**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – University of Nebraska, Lincoln, p. 125.

BUR, A.H.J., ROBINSON, A.F. 2004. Locomotion behaviour. In: Gaugler, R., Bilgrami, A.L. (Eds.), **Nematode Behaviour**. CABI Publishing, Wallingford, p. 25–62.

CHABRIER, C., CARLES, C.; DESROSIERS, C., QUÉNÉHERVÉ, P., CABIDOCHÉ, Y.M. 2009. Nematode dispersion by runoff water: Case study of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on nitisol under humid tropical conditions. **Applied soil ecology**, v. 4, n.1, p. 14 8 – 15 6.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, Acomp. safra bras. cana, v. 5 - Safra 2018/19, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-86, agosto 2018. ISSN 2318-7921

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>

CROLL, N.A., MATHEWS, B.E., 1997. *Biology of Nematodes*. John Wiley & Sons, New York, p. 201.

DEXTER, A. R., CZYŻ, E. A., RICHARD, G., RESZKOWSKA, A. 2008. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. **Geoderma**, v. 143, p. 243-253.

Du CHARME, E.P. 1955. Sub-soil drainage as a factor in the spread of the burrowing nematode. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 68, p. 29–31.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. 2011. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, p. 306.

ESQUIVEL, A. 1996. Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos p. 57-62. In Bertsch, F., W. Badilla, y E. Bornemisza (eds.) X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, EUNED, San José, Costa Rica. Available at http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_X/a50-2388-III_057.pdf (acesso 10 Maio 2018).

FAJARDO, M. P., ABALLAY, E E., CASANOVA, M P. 2011. Soil properties influencing phytoparasitic nematode population on chilean vineyards. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, p. 240-248.

FUJIMOTO, T., HASEGAWA, S., OTOBE, K; MIZUKUBO, T. 2010. The effect of soil water flow and soil properties on the motility of second-stage juveniles of the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 1065-1072.

FUJIMOTO, T., HASEGAWA, S., OTOBE, K., MIZUKUBO. 2009. The effect of water flow on the mobility of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in columns filled with glass beads, sand or andisol. **Applied Soil Ecology**, v.43, p. 200-205.

FRANCILINO, A. H., PEDROSA, E. M. R., SILVA, E. F. F., ROLIM, M. M., CARDOSO, M. S. O., MARANHÃO, S. R. V. L. 2017. Efeito do fluxo de água, isca vegetal e volume de poros do solo na mobilidade de *Pratylenchus coffeae*. **Nematropica**, v. 47, n. 1.

FREIRE, M. B. G.S., RUIZ, H. A., RIBEIRO, M. R., FERREIRA, P. A., ALVAREZ, V., VICTOR H., FREIRE, F. J. 2003. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n.1, p. 45-52.

GOLDEN SOFTWARE. Surfer 7.0 - user's guide. New York: Golden Software, 1999. 619p

HOWLAND, A. D., SCHREINER, R. P., ZASADA, I. A. 2014. Spatial Distribution of Plant-Parasitic Nematodes in Semi-Arid *Vitis vinifera* Vineyards in Washington. **Journal of Nematology**, v. 46, n. 4, p 321-330.

- JENKINS, W. R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692.
- LIMA, R.P., SILVA, A.P., LEO, T.P., MOSADDEGHI, M.R. 2015. Soil physics: an R package for calculating soil water availability to plants by different soil physical indices. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 120, p. 63–71.
- MAI, W. F.; MULLIN, P.G. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. Cornell University. Ithaca, NY, p. 271, 1996.
- MOURA, R.M., PEDROSA, E.M.R., MARANHÃO, S.R.V.L., MACEDO, M.E.A, MOURA, A.M., SILVA. E.G. & LIMA, R.F. 2000. Ocorrência dos nematoides *Pratylenchus zae* e *Meloidogyne* spp. em cana-de-açúcar no Nordeste. **Fitopatologia Brasileira**. v. 25 p. 101–103.
- MOURA, R.M. 2005. Nematóides de interesse agrícola assinalados pela UFRPE no Nordeste do Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 29, p. 289–292.
- MOURA, R. M., OLIVEIRA, I. S. 2008. Controle Populacional de *Pratylenchus zae* em Cana-de-açúcar em Dois Ambientes Edáficos no Nordeste do Brasil. **Nematologia brasileira**, v. 33, n.1, p. 67-73.
- OHASHI, A. Y. P; R. C. M. PIRES ; R. V. RIBEIRO ; A. L. B. O. SILVA Root growth and distribution in sugarcane cultivars fertigated by a subsurface drip system Bragantia, v.74, n. 2, p.131-138, 2015.
- OLABIYI, T. I., OLAYIWOLA, A. O., OYEDIRAN, G. O. 2009. Influence of Soil Textures on Distribution of Phytonematodes in the South Western Nigeria. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 5, p. 557-560.
- PROT, J.C., S.D. VAN GUNDY. 1981. Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second stage juveniles. **Journal of Nematology** , v.13, p. 213-217.
- QUADER, M., RILEY, I. T., WALKER, G. E. 2001. Distribution pattern of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in South Australian vineyards. *Australasian Plant Pathology*, v. 30, p. 357–360.
- QUADER, M., RILEY, I. T.; WALKER, G. E. 2003. Spatial and temporal distribution patterns of dagger (*Xiphinema* spp.) and root lesion (*Pratylenchus* spp.) nematodes in a South Australian vineyard. *Australasian Plant Pathology*, v. 32, p. 81–86.
- R Core Team, 2017. R. A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (Accessed on: 07 May 2018). Available at: <http://www.R-project.org/>.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), 2010. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**, Curitiba, p. 136.

ROCHA, F. S., CAMPOS, V. P., FERNANDES, M. F. G., MUNIZ, M. F. S. 2016. Migration and reproduction of *Meloidogyne incognita* in two soil textures. **Nematropica**, v. 46, n. 2, p. 162-171.

RODRIGUES, C. V. M. A., PEDROSA, E. M. R., OLIVEIRA, A. K. S.; LEITÃO, D. A. H. S., OLIVEIRA, N. J. V. 2011. Distribuição vertical da nematofauna associada à cana-de-açúcar. **Nematropica**, v. 41, n. 1, p. 5-11.

RIBEIRO, R. C. F., XAVIER, F. R. P., XAVIER, A. A., ALMEIDA, V. F., MIZOBUTSI, E. H., CAMPO, V. P., FERRAZ, S., DIAS-ARIEIRA, C. R. 2009. Flutuação populacional e efeito da distância e profundidade sobre nematoides em bananeira no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p.103-111.

SAS INSTITUTE. 2017.SAS® Certification Prep Guide: Base Programming for SAS®9, Fourth Edition, SAS Institute.

SEVEREINO, J. J., DIAS-ARIEIRA, C. R.; TESSMANN, D. J. 2010. Nematodes associated with sugarcane (*saccharum* spp.) in sandy soils in Paraná, Brazil. **Nematropica**, v. 40, n. 1.

SIGMAPLOT. For windows, version 11.0. Systat Software, 2010.

SOUZA, C. C. M., PEDROSA, E. M. R. P., ROLIM, M. M., PEREIRA FILHO, J. V., SOUZA, M. A. L. M. 2014. Influência da densidade do solo infestado por nematoide no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.475–479.

Statsoft Inc. 2011. STATISTICA (data software system) version 10. Tulsa. Online <http://www.statsoft.com>.

SOLONE, R., BITTELLI, M., TOMEI, F., MORARI, F. 2012. Errors in water retention curves determined with pressure plates: Effects on the soil water balance. **Journal of Hidrology**, v.470–471, p. 65–74.

VAN GENUCHTEN, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892–898.

VERSCHOOR, B. C., DE GOEDE, R. G. M., DE HOOP, J. W., and DE VRIES, F. W. 2001. Seasonal dynamics and vertical distribution of plantfeeding nematode communities in grasslands. *Pedobiologia*, v. 45, p. 213– 233.

WARRICK, A.W., NIELSEN, D. R. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In D. HILLEL. Application of soils phisicis. New York: Academic Press. p. 319-344.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados nessa dissertação mostram que, nas condições em que foi desenvolvido o presente estudo, a irrigação por gotejamento afeta a distribuição espacial de nematoides, mas o efeito varia com o nematoide. Assim, sob aplicação de lâmina diária fixa de 5 mm e vazão de 1 L h⁻¹, os endoparasitos *Pratylenchus* e *Meloidogyne* tendem a se concentrar na periferia do bulbo molhado, apresentando maior dificuldade de movimentar-se em sentido contrário ao fluxo de água, enquanto que os ectoparasitas *Helicotylenchus* e *Criconemella* tendem a se manter no interior do bulbo molhado, apresentando menor dificuldade de movimentar-se em sentido contrário ao fluxo de água. As características físicas do solo também desempenham importante papel, uma vez que podem facilitar ou não a passagem dos nematoides entre as partículas do solo. Além do mais, os nematoides pertencentes ao grupo de vida livre mostram ser menos influenciados pelo efeito da irrigação por gotejamento do que os nematoides parasitos de planta, embora a aplicação de lâmina diária de 5 mm e vazão de 1 L h⁻¹ não se mostre suficiente para isoladamente lixiviar os nematoides.

Além da escassez de informações na literatura de estudos dessa natureza, os resultados ora obtidos são de grande importância para o manejo integrado de nematoides em condições irrigadas. Otimizar a irrigação para suprir as necessidades hídricas da cultura e diminuir as populações de nematoides parasitas de planta minimizando os danos é de grande relevância para a cultura da cana de açúcar, em especial no Nordeste do Brasil, onde os problemas ocasionados por esses parasitas são intensificados pelo estresse hídrico e altas temperaturas da região. Entender como a irrigação afeta a dinâmica do solo e a estrutura da comunidade de nematoides deve integrar pesquisas futuras, visando sistemas de produção mais eficientes.