

ANA KARINA DOS SANTOS OLIVEIRA

**CRESCIMENTO DO PIMENTEIRO E VARIABILIDADE
ESPACIAL DE NEMATOIDES E ATRIBUTOS DO SOLO APÓS
INCORPORAÇÃO DA TORTA DE NIM**

Recife – PE

Abril, 2014

ANA KARINA DOS SANTOS OLIVEIRA

**CRESCIMENTO DO PIMENTEIRO E VARIABILIDADE
ESPACIAL DE NEMATOIDES E ATRIBUTOS DO SOLO APÓS
INCORPORAÇÃO DA TORTA DE NIM**

Dissertação 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 (UFRPE), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

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

Prof^o. Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro – Co-orientador

Recife – PE

Abril, 2014

ANA KARINA DOS SANTOS OLIVEIRA

**CRESCIMENTO DO PIMENTEIRO E VARIABILIDADE
ESPACIAL DE NEMATOIDES E ATRIBUTOS DO SOLO APÓS
INCORPORAÇÃO DA TORTA DE NIM**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em 30 / 04 / 2014

ORIENTADORA:

Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa (UFRPE)

EXAMINADORES:

Prof^o. Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro (UFRPE)

Prof^a. Dr^a. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire (UFRPE)

Prof^a. Dr^a. Lílian Margarete Paes Guimarães (UFPB)

Recife - PE

Abril, 2014

Ficha catalográfica

O48c

Oliveira, Ana Karina dos Santos

Crescimento do pimenteiro e variabilidade espacial de nematoides e atributos do solo após incorporação da torta de nim / Ana Karina dos Santos Oliveira. – Recife, 2014. 164 f. : il.

Orientadora: Elvira Maria Régis Pedrosa.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2014.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Agricultura de precisão 2. *Azadirachta indica*
3. Bionemática 4. *Capsicum annuum* 5. Diversidade trófica 6. Matéria orgânica I. Pedrosa, Elvira Maria Régis, orientadora II. Título

CDD 631.2

“Não passo pela vida... e você também não deveria passar! Viva!!!
Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com
paixão, perder com classe e vencer com ousadia, porque o mundo
pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.”

Charlie Chaplin

Aos meus pais, **Ana Lucia Santiago dos Santos Oliveira e Valfredo Pereira de Oliveira Filho**, e meu irmão **Rodrigo dos Santos Oliveira**, pelo amor, força, apoio e dedicação em todos os momentos da minha vida, contribuindo para minha formação.

DEDICO

Aos meus avós **Antônio Couto, Maria de Lourdes (in memoriam), Valfredo e Maria Zenilda**, pelos ensinamentos, amor, carinho, incentivo e confiança em toda minha vida.

Aos meus tios **Fábio Henrique, Carla Tarciana e Francisco Miguel**, pela amizade, apoio e incentivo, sempre apoiando minhas decisões.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a **Deus** pela minha vida, por estar comigo em todos os momentos e permitir mais uma vitória em minha vida, e por renovar a minha fé todos os dias;

À **Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)**, através do **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**, pela oportunidade de cursar o Mestrado;

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)**, pela concessão da bolsa de estudos, e ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** pelos recursos financeiros.

À minha orientadora **Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa** pela real e presente orientação, bem como pela paciência, amizade, conselho, atenção e compreensão, a minha sincera admiração;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em especial ao **Prof^o. Dr^o. Abelardo A. A. Montenegro**, pelos conselhos e apoio no desenvolvimento deste trabalho;

À **Usina Cruangi**, representada pelo Sr. Bruno Chaves, que disponibilizou a torta de nim para a realização do experimento;

À **Prof^a Dr^a Maria Betânia Freire** e todos do laboratório de Química do solo pelas orientações e ajuda com as várias análises e por disponibilizarem os equipamentos durante 3 longos meses;

Aos **Profs. Drs.** Cristiane Guiselini, Héilton Pandorfi, Rodrigo Simões e Gledson Pontes, pelos ensinamentos, amizade, apoio e conselhos em toda essa jornada desde a graduação;

À minha **família** pelo incentivo e apoio em todos os momentos, especialmente a minha mãe Ana Lucia, meu pai Valfredo Filho e meu irmão Rodrigo, meus avôs Antônio Couto e Valfredo, e avós Maria de Lourdes (*in memoriam*) e Maria Zenilda, tios Fábio Henrique, Francisco Miguel e Fernando Pereira, e tias Carla Tarciana e Paula Marília, e prima Zenilda Freire, vocês são minha vida;

Ao meu namorado **Diego Huggins** pelo apoio, amor, carinho, cuidado, ajuda, incentivo, por todos os momentos felizes e difíceis, por toda cumplicidade desde a graduação. Devo muito desse trabalho a você, Te Amo;

A **Douglas Castro** por toda essa jornada juntos, pela força, todos os momentos em campo e no laboratório, por toda amizade e apoio, e **Marcus Barbosa** por toda força, apoio e dedicação nas análises;

À **Thais Fernanda e Mércia Cardoso**, por todos os ensinamentos, conselhos, amizade, apoio, companheirismo, momentos de diversão e tristezas, vocês me ajudaram muito a crescer;

Aos **amigos** da graduação Tatiane Lafayette, Andréa Nunes, Alan César, Rafele Lacerda, Francisco Neto, Fernando Junior, Leandro Neri, Lucas Chagas, Marylis Pereira, Raisia Prota, Robson Salustiano, Tobias Neto, Elson Queiroz, por me ajudarem a crescer pessoal e profissionalmente, por toda força, amizade e momentos compartilhados;

Aos **amigos/irmãos** que sempre me apoiaram, especialmente Danielle Mendes, Mariana Melo, William Pereira, Juliana Lins, Tamíz Freitas, Camila Mariz, Priscilla Lacerda, Andrea Oliveira, Júlio Abreu, Danielle Huggins, por todo carinho, amor e companheirismo;

A **todos do Laboratório de Fitonematologia**, especialmente a Andrea Chaves, Sandra Maranhão, Lílian Margarete, Patrícia Ângelo, Marcela Andrade, Mariana David, Matheus Silva, Lílian Palhares, Maria Gabriela Hugo Bentzen, Natália Ribeiro, Jefferson Serpa, Larissa Caixeta, Matheus Quintela, Daniela Salgues, Virgínia Mendonça, Anailda Souza, Cícero Costa, Bárbara Pereira, Carmem Mareco, Mônica Freitas, Maurício Estolano, pelo apoio, companheirismo, momentos de descontração e ajuda nessa pesquisa;

A todos os **amigos da UFRPE e Pós-graduação em Engenharia Agrícola**, em especial a Robertson Fontes, Aluizio Cordeiro, Aline Lucena, Carlyne Andrade, Alysson Lira, Thaisa Carneiro, Aisy Porfírio, Maria Elisa Damascena, Ana Karla Nobre, Eduardo Lucena, Marcos Félix, Miguel Guimarães, Vinícius Azevedo, Natália Cavalcante, Renato Lima, Rochele Vasconcelos, Francisco Junior, Vilma Lima, Jucicléia Soares, Uilka Tavares, Adriana Guedes, Núbia Meirelly, Célia Silva, Yasmin Scarlet, pelo incentivo, apoio, amizade, companheirismo e colaboração durante o período de estudos;

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma são responsáveis pela concretização desse momento. **MUITO OBRIGADA!**

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I – Revisão de Literatura	16
O Pimentão	17
O Nim	19
Nematoides Habitantes do Solo.....	21
Qualidade e Saúde do Solo	24
Geoestatística e Variabilidade Espacial.....	25
Variabilidade Espacial dos Atributos do Solo.....	27
Referências Bibliográficas.....	34
CAPÍTULO II – Dinâmica da aplicação de torta de nim na variabilidade espacial de atributos edáficos, comunidade de nematoides e crescimento do pimenteiro no semiárido Pernambucano	53
Resumo	54
Abstract.....	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	64
Conclusões.....	105
Referências Bibliográficas.....	106
CAPÍTULO III – Relações entre aplicação de torta de nim, níveis de nematoides, atributos edáficos e crescimento do pimenteiro no semiárido de Pernambuco	115
Resumo	116
Abstract.....	117
Introdução.....	118
Material e Métodos.....	120
Resultados e Discussão.....	125
Conclusões.....	145
Referências Bibliográficas.....	146
ANEXOS	159

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Resumo descritivo das variáveis biológicas, físicas e químicas avaliadas associados à cultura do pimenteiro no semiárido Pernambucano em área com aplicação de torta de nim, em abril e junho de 2013, respectivamente	66
Tabela 2. Resumo descritivo das variáveis biológicas, físicas e químicas avaliadas associados à cultura do pimentão no semiárido Pernambucano em área sem aplicação de torta de nim, em abril e junho de 2013, respectivamente	67
Tabela 3. Parâmetros dos semivariogramas teóricos, grau de estrutura espacial e validação cruzada dos atributos do solo em área de pimentão com aplicação de nim no Semiárido nordestino	73
Tabela 4. Parâmetros dos semivariogramas teóricos, grau de estrutura espacial e validação cruzada dos atributos do solo em área de pimentão sem aplicação de nim no Semiárido nordestino	74

CAPÍTULO III

Tabela 1. Abundância, média e dominância (%) dos grupos tróficos de nematoides associadas à cultura do pimentão em área com aplicação de nim em Pesqueira, semiárido de Pernambuco	126
Tabela 2. Abundância, média e dominância (%) das comunidades de nematoides associados à cultura do pimentão em área sem aplicação de nim em Pesqueira, semiárido de Pernambuco	127
Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis físicas e químicas do solo, variáveis de desenvolvimento da planta e nível de infecção das raízes do pimenteiro no início (i) e ao final (f) do experimento no semiárido Pernambucano ..	131
Tabela 4. Matriz de correlação de Pearson entre variáveis físico-químicas e nematológicas associadas à cultura do pimentão no semiárido Pernambucano	135
Tabela 5. Variáveis de crescimento do pimenteiro em junho de 2013, 41 dias após a aplicação da torta de nim (4 t ha^{-1}), no semiárido Pernambucano	139
Tabela 6. Variação da densidade populacional de nematoides e atributos físicos e químicos do solo em áreas sob cultivo de Pimentão no semiárido Pernambucano, em relação à aplicação de torta de nim	140

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Representação gráfica das áreas experimentais no semiárido Pernambucano, município de Pesqueira, Brasil. 58
- Figura 2.** Precipitação média de março a Junho em área sob o cultivo de pimentão, no semiárido pernambucano. 59
- Figura 3.** Semivariogramas experimentais para atributos biológicos, físicos e químicos da Área 1 aos 7 dias após o transplântio do pimentão. Mod. Esf. – Modelo Esférico; EPP – Efeito pepita puro. 81
- Figura 4.** Semivariogramas experimentais para atributos biológicos, físicos e químicos da Área 1 aos 68 dias após o transplântio do pimentão. EPP – Efeito pepita puro; Mod. Esf. – Modelo Esférico; Mod. Gaus. – Modelo Gaussiano. 85
- Figura 5.** Semivariogramas experimentais para Densidade de partículas (DP) e granulometria (Areia, Areia grossa (AG), Areia fina (AF), Silte e Argila) da Área 1 em ambos períodos de amostragem. 85
- Figura 6.** Semivariogramas experimentais para atributos biológicos, físicos e químicos da Área 2 aos 7 dias após o transplântio do pimentão. EPP – Efeito pepita puro; Mod. Esf. – Modelo Esférico. 88
- Figura 7.** Semivariogramas experimentais para atributos físicos, químicos e biológicos da Área 2 aos 68 dias após o transplântio do pimentão. EPP – Efeito pepita puro; Mod. Esf. – Modelo Esférico; Mod. Gaus. – Modelo Gaussiano; Mod. Expo. – Modelo Exponencial. 92
- Figura 8.** Semivariogramas experimentais para Densidade de partículas e granulometria (Areia, Areia grossa (AG), Areia fina (AF), Silte e Argila) da Área 2 em ambos períodos de amostragem. 93
- Figura 9.** Semivariogramas experimentais para as variáveis de crescimento da cultura. A e C) Altura da planta e B) e D) Diâmetro do caule nas Áreas 1 e 2, respectivamente. 93
- Figura 10.** Mapas de isolinhas para os diferentes grupos taxonômicos de nematoides na A1 aos 7 e 68 dias após o transplântio (DAT) do pimentão. A e B) Criconematidae aos 7 e 68 DAT, C) *Pratylenchus* aos 7 DAT, D) *Cephalobidae* aos 68 DAT, E) *Dorylaimida* aos 68 DAT, F) Endoparasitas aos 7 DAT, G) Ectoparasitas aos 7 DAT, H)

Parasitas de planta aos 68 DAT, I) Vida livre aos 7 DAT, J e K) Total de nematoides aos 7 e 68 DAT.....	96
Figura 11. Mapas de isolinhas para atributos físicos do solo da Área 1 aos 7 e 68 dias após o transplantio (DAT) do pimentão.	98
Figura 12. Mapas de isolinhas para os atributos químicos da Área 1 aos 7 e 68 dias após o transplantio (DAT) do pimentão: A e B) Evolução C-CO ₂ (mg CO ₂) aos 7 e 68 DAT, C) pH aos 68 DAT, D e E) Carbono orgânico (dag kg ⁻¹) aos 7 e 68 DAT, F) Condutividade elétrica (dS m ⁻¹) aos 68 DAT, G) Ca (mmolc L ⁻¹) aos 7 DAT, H) K (mmolc L ⁻¹) aos 68 DAT.....	99
Figura 13. Mapas de isolinhas para os grupos tróficos e taxonômicos de nematoides da Área 2, aos 7 e 68 dias após o transplantio (DAT) do pimentão: A) Cephalobidae aos 68 DAT, B) Dorylaimida aos 68 DAT, C) Ectoparasitos aos 7 DAT, D e E) <i>Rotylenchulus</i> aos 7 e 68 DAT, F) Parasitos de planta aos 7 DAT, G) Onívoros aos 68 DAT, H) Vida livre aos 68 DAT.	101
Figura 14. Mapas de isolinhas para os atributos físicos do solo da Área 2 aos 7 e 68 dias após o transplantio (DAT) do pimentão.....	102
Figura 15. Mapas de isolinhas para atributos químicos da Área 2 aos 7 e 68 dias após o transplantio (DAT) do pimentão. A e B) Carbono orgânico aos 7 e 68 DAT, C) Evolução C-CO ₂ aos 7 DAT, D e E) Condutividade elétrica aos 7 e 68 DAT, F e G) Na e Mg aos 7 DAT, H) Mg aos 68 DAT, I) pH aos 7 DAT, J e K) Ca aos 7 e 68 DAT, L e M) K aos 7 e 68 DAT.....	104
Figura 16. Mapas de isolinhas para a variável altura da planta nas Áreas 1 (A) e 2 (B) aos 68 dias após o transplantio do pimentão.	105

CAPÍTULO III

Figura 1. Localização geográfica, em UTM, das áreas experimentais no semiárido Pernambucano, município de Pesqueira, Brasil	121
Figura 2. Precipitação média de março a Junho em área sob o cultivo de pimentão, no semiárido pernambucano.....	122

LISTA DE ANEXOS

Figura 1: Vista aérea da área cultivada com pimentão, em bacia representativa do agreste Pernambucano, em Pesqueira – PE, pelo Google Earth	160
Figura 2: Vista parcial da área experimental na primeira coleta (7 dias após o plantio do pimentão)	160
Figura 3: Amostragem de solo com trado de amostra indeformada para análises físicas	161
Figura 4: Abertura dos sulcos (A) e aplicação da torta de nim na área 1, seguindo a linha de cultivo (B).....	161
Figura 5: Vista parcial da área experimental na segunda coleta (68 dias após o plantio do pimentão)	162
Figura 6: Medição da altura da planta	162
Figura 7: Medição do diâmetro do caule, aproximadamente 5 cm acima do solo	163
Figura 8: Cultura do pimentão no momento da colheita (durante a segunda coleta) .	163
Figura 9: Vista panorâmica da área experimental, Norte (A) e Sul (B).....	164
Figura 10: Área no momento da colheita (A) e frutos do pimenteiro (B).....	164

RESUMO

A incorporação, ao solo, da torta do nim (*Azadirachta indica*), tem sido preconizada pelo efeito inseticida e nematicida. Adicionalmente, a geoestatística é uma ferramenta útil no estudo da variabilidade espacial de nematoides, possibilitando a aplicação de fertilizantes orgânicos com maior eficiência e menor custo. Objetivou-se neste estudo investigar relações e efeitos da aplicação de torta de nim na variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo, comunidade de nematoides e crescimento do pimenteiro (*Capsicum annuum*), no semiárido Pernambucano, através de mapas de isolinhas gerados a partir de técnicas geoestatísticas, análises de covariância e correlação. O experimento foi realizado em área de agricultura familiar, no município de Pesqueira, em duas malhas de amostragem regulares (7×7 pontos), Área 1 (A1) e Área 2 (A2), cada uma com 49 pontos e 2304 m², tendo A1 recebido aplicação de torta de nim (100 g de nim por metro linear da linha de cultivo) 30 dias após o planto do pimenteiro, e os dados, coletados em ambas as áreas aos 7 e 68 dias após o transplante. O modelo esférico foi ajustado a maioria das variáveis em ambas as áreas e épocas de coleta, exceto aos sete dias para a evolução C-CO₂ do solo na A1, e aos 68 dias para pH na A1 e densidade do solo na A2, que se ajustaram ao modelo Gaussiano e carbono orgânico e nematoides onívoros na A2, ajustados ao modelo exponencial. Os mapas de isolinhas indicaram maior homogeneização dos nutrientes disponíveis às plantas, diminuição da densidade do solo e maior crescimento das plantas na área com incorporação da torta de nim. Análises de covariância e correlação de Pearson indicaram que, a despeito da dominância dos nematoides parasitos de planta e bacteriófagos, em ambas as áreas, no início e final do experimento, respectivamente, a abundância do total de nematoides foi duas vezes maior na área sem aplicação da torta de nim e quatro vezes maior na área com torta de nim, que apresentou incrementos significativos no teor de Na⁺ e pH do solo, e reduções nos teores de carbono orgânico e umidade do solo, devido possivelmente ao aumento da degradação da matéria e crescimento do pimenteiro. A altura das plantas e o diâmetro do caule foram significativamente maiores na área com incorporação da torta de nim

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, *Azadirachta indica*, bionematicida, *Capsicum annuum*, diversidade trófica, matéria orgânica

ABSTRACT

The incorporation to the soil of neem (*Azadirachta indica*) cake has been recommended due to its insecticidal and nematicidal effects. Additionally, geostatistics is a useful tool for precision agriculture and nematode integrated management because organic amendments may be applied more efficiently and less onerously. It was aimed with this study to investigate relationships and effects of neem cake application as organic amendments on the spatial variability of soil physical and chemical attributes, nematode community and pepper (*Capsicum annuum*) growth in the semiarid region of Pernambuco, through contour maps generated from geostatistical techniques, correlations and covariance analysis. The experiment was carried out in a family farming, located in the municipality of Pesqueira, using two regular sampling grids (7×7 points), Area 1 (A1) and Area 2 (A2), each one with 49 points and 2304 m². Neem cake (100 g of neem cake per linear meter of each cultivation line) was applied in A1 30 days after pepper transplanting (DAT) and samplings, in both areas, performed at 7 and 68 DAT. In both areas most variables were fitted to spherical model, except pH at 7 DAT and C-CO₂ evolution at 68 DAT in A1 and soil bulk density at 68 DAT in A2 fitted to Gaussian model, as well as organic carbon and omnivorous nematodes at 68 DAT in A2 fitted to exponential model. Contour maps indicated that area with neem cake amendment presented more homogeneous nutrients availability to plants, decreasing on soil bulk density and increasing on plant growth. Covariance analysis and Pearson's correlation indicated that, despite the dominance of plant-parasitic and bacterivore nematodes, in both areas, at the beginning and the end of the experiment, respectively, there was a doublefold total nematode abundance in the area without neem cake amendment, opposed to a fourfold increase in the area with neem cake application, which also presented a significant increase in Na⁺ and soil pH, as well as a decrease in organic carbon and soil water content, possibly due to the increase of organic matter decomposition and pepper plants growth, respectively. Pepper plant height and stem diameter were significantly higher in soil with neem cake amendment.

KEYWORDS: precision agriculture, *Azadirachta indica*, bionematicide, *Capsicum annuum*, trophic diversity, organic matter

Revisão de Literatura

CAPÍTULO I

O PIMENTÃO

O cultivo do pimenteiro (*Capsicum annuum* L.) e a utilização dos seus frutos são um dos mais antigos do mundo. As plantas do gênero *Capsicum* pertencem à família botânica das Solanáceas, assim como o tomate (*Solanum lycopersicum* L.), a berinjela (*Solanum melongena* L.), a batata (*Solanum tuberosum* L.) e o tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (MECKELMANN et al., 2013). De acordo com a classificação taxonômica, atualmente, são reconhecidas, aproximadamente 37 espécies do referido gênero (BOSLAND; VOTAVA, 2012); dentre as quais as mais cultivadas são: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. pubescens* (CSILLÉRY, 2006; PERRY et al., 2007; AGUILAR-MENLÉNDEZ et al., 2009; LANTOS et al., 2012; MECKELMANN et al., 2013). Os frutos do pimenteiro podem ser consumidos *in natura* ou como ingredientes de outros alimentos, além de serem utilizados na indústria farmacêutica (PERRY et al., 2007; LANTOS et al., 2012), sendo mais aceitos no mercado os frutos de coloração verde e vermelha (FILGUEIRA, 2007).

O pimentão é uma olerícola originária da região tropical da América, ocorrendo diversas formas silvestres, percorrendo uma região do sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (FILGUEIRA, 2007; ALBUQUERQUE, 2010). Segundo Filgueira (2007), o pimentão é uma das dez hortaliças mais cultivadas no Brasil, sendo a região Nordeste, a que mais tem se destacado, tendo como maiores produtores os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Bahia (CEASA-PE, 1992).

Por ser uma cultura sensível a baixas temperaturas, necessita de condições apropriadas de umidade, nutrientes, luminosidade, e outros elementos que influenciam a produção e, também, os processos fisiológicos da planta, sendo caracterizada pela adaptação ao clima tropical (MARTINEZ, 1994; RYLSKI et al., 1994; RODRIGUES, 1997).

O pimenteiro é bastante rigoroso quanto aos atributos físicos e químicos do ambiente de cultivo, apresentando respostas positivas à adubação orgânica e ótimos níveis de produtividade quando associados a adubos orgânicos e minerais (HORINO et al., 1986; SOUZA; BRUNO, 1991).

A produção mundial do pimentão é liderada pela China (15 milhões de toneladas), seguida pelo México (2,3 milhões) e Turquia (1,9 milhões), segundo dados da FAO (2010). No Brasil, foram cultivados 800 mil hectares em 2007, produzindo

aproximadamente 16 milhões de toneladas de frutos, contribuindo para geração de 2,4 milhões de empregos diretos (AGRIANUAL, 2008). Segundo Matos (2010), no mesmo ano, a quantidade de frutos exportados atingiu mais de 6.000 toneladas, movimentando cerca de US\$ 20 milhões. Em 2011, segundo dados da ABCSEM (2011), foram cultivados 537.215 mil ha de hortaliças no Brasil, gerando um total de 17,30 milhões de toneladas, o que corresponde a R\$10.634,6 milhões. O pimentão contribuiu com aproximadamente 3,45% da produção nacional, ou seja, R\$365,7 milhões (ABCSEM, 2011). Dentre os principais estados produtores, no ano de 2006, São Paulo, Minas Gerais e Ceará, juntos, produziram 112 mil toneladas (AGRIANUAL, 2012). Pernambuco encontra-se em 8º lugar no ranking nacional de produtores de pimentão com produção de aproximadamente 14.000 toneladas (IBGE, 2006), destacando-se os municípios de Camocim de São Félix, Bezerros, Gravatá, Brejo da Madre de Deus, São Joaquim do Monte, Sairé, Ibimirim, João Alfredo e Chã Grande como principais produtores (CEASA/PE, 2013).

Os solos mais adequados para o cultivo do pimenteiro são os de textura média, profundos e bem drenados, sendo que a cultura se desenvolve melhor em pH na faixa de 5,5 a 6,8 e necessita de elevados níveis de Ca e Mg (FILGUEIRA, 2003). Segundo Osawa (1965) e Maas e Hoffman (1977), a cultura do pimentão é moderadamente sensível à salinidade do solo, cujo valor limiar é de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando perdas de 50% ou mais da produção quando a condutividade elétrica é da ordem de 5 dS m^{-1} (HATUTALE, 2010). Desenvolve-se melhor em clima tropical, quente e sub-úmido, necessitando de temperaturas entre 25 e 30 °C durante a germinação das sementes e formação das mudas (PEREIRA, 1990). Durante o florescimento as melhores temperaturas são da ordem de 25 °C ao dia e 21 °C à noite (ERICKSON; MARKHART, 2002). Na frutificação, a faixa entre 18 e 27 °C favorece a adaptação do pimenteiro (PEREIRA, 1990). Temperaturas abaixo de 15 °C e acima de 35 °C são bastante prejudiciais à cultura (FILGUEIRA, 2003). Se a planta for submetida à baixa umidade relativa do ar e alta temperatura, ocorre elevada transpiração, acarretando queda das gemas e flores e produção de frutos pequenos (REIS, 2002). O conteúdo de água no solo deve estar na faixa de 80%, principalmente durante os estádios de frutificação e colheita, porém, deve-se tomar cuidado para não haver excesso de água no solo a fim de não favorecer a podridão do colo (FILGUEIRA, 2003b).

O NIM

Pertencente à família Meliácea, a árvore do nim é uma planta originária do Sudeste Asiático, sendo conhecida há milhares de anos na Índia e em países da Ásia Meridional pelos benefícios medicinais, destacando-se, também, no controle de fungos, usos como fertilizante, produção de biomassa e reflorestamento (MARTINEZ, 2002). É uma planta de crescimento em áreas de florestas de regiões tropicais e subtropicais, cujas raízes, folhas, frutos e sementes apresentam compostos com evidenciada ação antifúngica, antisséptica e anti-inflamatória (GIRISH; BHAT, 2008; MAITHANI et al., 2011).

De acordo com Martinez (2002), o nim é uma planta perene, de crescimento rápido, podendo alcançar de 10 a 20 m de altura e, as raízes podem crescer até 15 m de profundidade. Foi trazida para o Brasil em 1986 devido ao potencial de uso no controle natural de pragas agrícolas. A temperatura ideal de cultivo de 20 a 32 °C é determinante para o desenvolvimento da planta e produção de frutos, que são favorecidos em solos bem drenados, profundos e com pH entre 6,5 a 7,5. Resistente à seca, a partir do segundo ano de idade, a planta inicia a floração, produzindo aproximadamente 8 Kg de sementes após três anos de plantio.

Os principais componentes biologicamente ativos do nim são azadiractina, meliantriol, limoneno, odoratone e outros triterpenóides, entre outros compostos já isolados (QUINTELA; PINHEIRO, 2004). Dentre esses compostos, o mais ativo é o limonóide ou tetranortriterpenóide azadiractina, encontrado em maior quantidade nos frutos, principalmente nas sementes, com concentração média de 3,5 mg g⁻¹ de semente. A azadiractina é considerada biodegradável, solúvel em água e de persistência curta no ambiente, com isso não é considerada um contaminante potencial de águas subterrâneas (MARTINEZ, 2002).

Esses compostos apresentam alto potencial no combate a pragas, tendo vantagem de serem praticamente não tóxicos ao homem, causando baixo impacto ambiental, sendo de rápida degradação no solo e nas plantas (ISMAN, 2006; MARTINEZ, 2002). A durabilidade da azadiractina é uma das principais preocupações do uso do nim, pois em condições de campo a atividade desses compostos sofre redução rápida, permanecendo por 4 a 8 dias, devido à fotodegradação ocasionada pela luz ultravioleta, chuvas e diminuição de pH, sendo necessárias muitas aplicações por

estação (SCHUMETTERER, 1990; VERKERK; WRIGHT, 1993; CARBONI et al., 2002). Por outro lado, a azadiractina tem sua atividade residual estabilizada quando utilizado derivados do nim (VERKERK; WRIGHT, 1993).

Alguns estudos mostram que os extratos de nim aplicados em altas concentrações podem causar fitotoxicidade, a depender da idade, fase de desenvolvimento e espécie da planta em que foi aplicado (MARTINEZ, 2002; MOSSINI; KEMMELMEIER, 2005). Essa fitotoxicidade pode se manifestar como folhas quebradiças, enrijecidas, geralmente menores, com cor verde-pálido. Segundo estudos de Jakob apud Martinez (2002), o efeito fitotóxico do óleo de nim ocorre apenas nas concentrações acima de 2%, em plantas tratadas, como milho, repolho, tomate e feijão, de duas a quatro semanas de idade.

O nim vem sendo bastante utilizado, obtendo-se respostas positivas no controle de nematoides parasitos de plantas. Várias são as maneiras de utilização, a exemplo de extratos foliares e pó de semente, aplicados ao solo; cobertura do solo com folhas secas ou frescas; e cobertura de sementes com óleo ou extratos (FERRAZ; VALLE, 1997). A incorporação das folhas ao solo reduziu a densidade populacional de nematoides, aumentando a ação à medida que o produto foi se decompondo. Cultivos conduzidos em plantio intercalado com nim, como cultivos de repolho, berinjela, tomate, demonstraram também, redução nas infestações por nematoides (MARTINEZ, 2002).

Estudos relatados no National Research Council (1992) mostram que alguns limonóides extraídos das sementes de nim apresentam ação nematicida, inibindo a eclosão dos ovos e reduzindo a capacidade dos juvenis penetrarem nas raízes das plantas. Testes realizados a nível de campo e em ambientes protegidos na Alemanha mostram que tomateiros cultivados em solos sem incorporação de nim apresentam maiores quantidades de raízes com sintomas de ataque de nematoides de galhas.

O acréscimo da matéria orgânica ao solo é uma das práticas recomendadas para o manejo de nematoides parasitos de planta, e a torta de sementes de nim é utilizada na Índia, em olerícolas, para o controle de nematoides, promovendo redução significativa nas populações desses organismos, principalmente de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *Tylenchorhynchus brassicae* Siddiqi; para *Hirschmaniella* spp. em campo cultivado com arroz são necessários 1,0 a 10,0 t ha⁻¹ de torta de nim para controle do nematoide (BRIDGE, 1996).

O efeito de produtos químicos (abamectina e aldicarb) e óleo de nim foi avaliado por Oliveira et al. (2005) sobre *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & S.

Stekhoven em cana-de-açúcar. Entretanto, aos dois, quatro e seis meses após o plantio, apenas o aldicarb (12 Kg ha⁻¹) se mostrou satisfatório no controle da população de *P. brachyurus*. A abamectina (0,5 e 1,0 L ha⁻¹) e o óleo de nim (2,0 L ha⁻¹) apresentaram algumas vezes aumento na população dos nematoides, comparado à testemunha.

Ritzinger e Fancelli (2006) relatam que, para controle de nematoides parasitos de planta, a quantidade de matéria orgânica varia de acordo com o tipo de material, relações entre patógeno e hospedeiro e entre hospedeiro e meio ambiente, como também com a espécie de nematoide presente. A utilização de compostos orgânicos para este fim deve ser empregada a partir do conhecimento do mecanismo de supressão juntamente com o tipo de substrato, doses letais para os nematoides, e impacto ao ambiente.

Doihara (2005) avaliou o efeito do óleo de nim sobre a eclosão de ovos de *Meloidogyne incognita* raça 1 em condição de laboratório e observa menor número de J2 eclodidos, após 168 horas de exposição às doses de óleo de nim aplicadas (1 e 2%).

Chaves et al. (2009), avaliando o efeito de diferentes doses de óleo de nim e de torta de filtro, associados ou não, em condição de campo naturalmente infestado com *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus zae* no estado de Pernambuco, observaram que a aplicação de óleo de nim na dose de 4 L ha⁻¹ tem efeito positivo no controle de *P. zae* nas raízes de cana-de-açúcar, e concluíram que o manejo desse nematoide pode ser feito com eficácia para a determinada dose.

Diante da preocupação mundial com a agricultura sustentável, as pesquisas que buscam novas alternativas para substituir o emprego de produtos químicos se tornam mais frequentes, entre elas, podem ser citadas as que utilizam extratos vegetais, que por sua vez, são inofensivos ao homem, facilmente degradáveis e não deixam resíduos no ambiente (MARTINEZ, 2002). Dentre esses compostos, pode-se citar o extrato de nim (*Azadirachta indica* A. Juss), utilizado não apenas no combate a insetos e nematoides, como também nas indústrias farmacêuticas, cosméticas e veterinárias (CARNEIRO, 2008).

NEMATOIDES HABITANTES DO SOLO

Os nematoides pertencem ao Filo Nematoda, sendo encontrados em praticamente todos os nichos ecológicos, com estimativa de mais de 1 milhão de espécies, embora cerca de 25 mil sejam descritas (BLAXTER, 2003; LAMBSHEAD;

BOUCHER, 2003; COGHLAN, 2005; CARDOSO et al., 2012). Os nematoides que habitam o solo são animais relativamente pequenos (300 μm a 4 mm), abundantes (6×10^4 a 9×10^6 por m^2), com curto ciclo de vida (dias a poucas semanas), permitindo respostas rápidas a mudanças no fornecimento de alimento (WASILEWSKA, 1979; BONGERS, 1990).

De acordo com o hábito alimentar podem ser classificados em cinco grupos funcionais: parasitos de planta, bacteriófagos, micófitos, onívoros e predadores (CARES; BLUM; EDNALVA, 2006). Segundo Beare et al. (1992), os nematoides parasitos de planta são considerados consumidores primários, enquanto os bacteriófagos e micófitos são consumidores secundários, e onívoros e predadores são consumidores terciários. Apesar de representarem uma pequena porção da biomassa terrestre, a abundância e presença desses microrganismos em diferentes níveis da cadeia alimentar do solo os tornam muito importantes em processos ambientais e ecossistemas terrestres (BARKER; KOENNING, 1998).

A composição e estrutura das comunidades de nematoides sofrem mudanças quando ocorrem variações na vegetação (PATTISON et al., 2008), no solo (GUPTA; YEATES, 1997; YEATES; PATTISON, 2006) e em condições ambientais (BONGERS; FERRIS, 1999; LI et al., 2005; CARDOSO et al., 2012). Hu, Lou e Liang (2009) sugerem que práticas conservacionistas têm grande impacto na estrutura, nutrição e índices de maturidade dos nematoides de solo. Alguns trabalhos (de GOEDE; BONGERS, 1994; YEATES, 1999; NEHER, 1999) evidenciaram o efeito direto e indireto de alterações nos atributos do solo, principalmente os físicos, na estrutura e composição das comunidades de nematoides, influenciando a cadeia alimentar do solo e o habitat desses microrganismos. As principais propriedades físicas do solo com grande influência sob as comunidades de nematoides são textura, umidade e estrutura do solo (YEATES; BONGERS, 1999; KANDJI; OGOL; ALBRECHT, 2001; GOMES; HUANG; CARES, 2003; KIMENJU et al., 2009).

Os nematoides parasitos de plantas formam o grupo de maior importância econômica, visto que podem dizimar plantações inteiras e causam grandes prejuízos para os produtores. Dentre os fitoparasitos, os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) são considerados os de maior importância agrícola, pois possuem várias espécies hospedeiras e grande distribuição mundial (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNHERVÉ, 2000; FREITAS; OLIVEIRA; FERRAZ, 2004). Segundo Nicol et al. (2011), perdas

culturais anuais causadas por fitonematoides equivalem a aproximadamente 8,8 a 14,6% do total produzido, equivalendo a US\$ 100-157 bilhões no mundo.

O pimenteiro é susceptível ao ataque de espécies do gênero *Meloidogyne* (OUMAROU, 2010; DJIBEY, 2012; MALHOTRA; AGARWAL; TRIVEDI, 2012), tanto em condições de campo quanto em cultivo em ambientes protegidos (CHAUDHARY; KAUL, 2012), especialmente *M. hapla* (OPPERMAN et al., 2008) e *M. incognita* (ABADAL et al., 2008). O ataque de nematoides na cultura do pimentão causa significantes danos às raízes, levando ao declínio da lavoura (GILREATH et al., 2005). Segundo Adamou et al. (2013), perdas de produção devido a esses fitoparasitos são da ordem de 60 % em solos arenosos da Nigéria, podendo ser maiores em sistemas de monocultura (HAOUGUI; KOLLO, 2006).

A prática da monocultura tende a favorecer o desenvolvimento dos nematoides parasitos de planta (WASILEWSKA, 1997; YEATES, 1999; GOULART; FERRAZ, 2003; PATTISON et al., 2008). Atributos físicos do solo, a exemplo da densidade do solo, podem evidenciar a prevalência de espécies em uma determinada área. Alguns estudos evidenciaram que uma maior densidade e menor porosidade total do solo, desfavoreceu o desenvolvimento de nematoides de vida livre, os quais necessitam de espaço poroso para realização de trocas gasosas e movimentação pela água (JONES; THOMASSON, 1976; DE GOEDE; BONGERS, 1994; BOUWMAN; ARTS, 2000).

Distúrbios no solo podem ocasionar grandes impactos sob a dinâmica da cadeia alimentar do solo e, conseqüentemente, sob os nematoides, causando mudanças nas comunidades microbianas do mesmo (BULLUCK III; BARKER; RISTAINO, 2002). Plantio direto e utilização de cobertura permanente no solo favorecem a proliferação de fungos, substituindo a cadeia alimentar bacteriana encontrada em áreas sob plantio convencional por uma cadeia alimentar fúngica (WARDLE et al., 1995). Diferenças na comunidade de nematoides também podem ser observadas quando comparadas culturas anuais com culturas perenes ou pastagens, as quais apresentam regimes de distúrbio mais variáveis. Neher e Campbell (1994) encontraram maiores índices de parasitos de planta em solo sob cultivo de culturas perenes ou pastagens.

QUALIDADE E SAÚDE DO SOLO

O termo ‘saúde do solo’ pode ser definido como “a capacidade contínua do solo de funcionar como um sistema vivo, dentro de fronteiras do ecossistema e uso da terra, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade dos ambientes aquáticos e aéreos, e promover saúde humana, animal e vegetal”. Costumeiramente, ‘saúde do solo’ e ‘qualidade do solo’ são considerados sinônimos, porém o termo qualidade do solo se baseia no uso de características quantitativas do solo, que são relacionadas às propriedades físicas, químicas e biológicas (DORAN; SARRANTONIO; LIEBIG, 1996). Vale salientar que a saúde do solo descreve o solo como um organismo vivo, dinâmico e dependente de características ecológicas (VAN BRUGGEN; SEMENOV, 2000).

Gugino et al. (2009) citam algumas características de um solo saudável: profundidade suficiente para adequado crescimento radicular, fornecimento suficiente e não excessivo de nutrientes, pequenas populações de fitopatógenos e insetos-praga, boa drenagem, grande populações de organismos benéficos, resistência à degradação, resiliência e livre de substâncias químicas e tóxicas que possam prejudicar a cultura.

Um solo com boa qualidade deve desempenhar, concomitantemente, certo número de funções ambientais (armazenamento de carbono, reservatório hídrico, ciclagem de nutrientes, meio de crescimento, dentre outras), proteção de componentes ambientais e sustentar a saúde humana (DORAN; PARKIN, 1994). Sendo assim, a avaliação da qualidade do solo é uma tarefa essencial (BASHER, 1997).

A avaliação da qualidade do solo requer um mínimo de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo para ser efetiva e significativa. Doran e Parkin (1994) e Doran e Parkin (1996) propuseram algumas características para esse conjunto de dados: fácil mensuração, detecção de variações nas funções do solo, integração dos atributos e processos do solo, fácil acessibilidade, aplicável às condições de campo, sensível às variações de manejo e clima. Com base nisso, Larson e Pierce (1991) propõem as seguintes propriedades como conjunto mínimo de dados para avaliar a qualidade do solo: disponibilidade de nutrientes, carbono orgânico total, carbono orgânico lábil, textura, água disponível às plantas, estrutura do solo, densidade do solo, resistência à penetração, profundidade máxima de raízes, pH e condutividade elétrica.

Adicionalmente às propriedades citadas, microrganismos do solo também exercem importante papel para a qualidade do solo, visto que são responsáveis pela decomposição de matéria orgânica, degradação de resíduos tóxicos e liberação de nutrientes em formas disponíveis para as plantas. Além disso, por competirem com patógenos, os microrganismos do solo estabelecem relações de simbiose com as raízes das plantas, participam da aglomeração e composição do solo e favorecem a deterioração e solubilização de minerais (SPARLING, 1997; KAPP, 2013).

A mesofauna do solo, que compreende principalmente protozoários e nematoides, é bastante adaptável à saúde e às condições do solo em que habitam (GUPTA; YEATES, 1997). A utilização de bioindicadores é de grande importância tendo em vista rápida resposta a distúrbios ambientais (CARDOSO et al., 2011), porém organismos do solo são difíceis de serem coletados, processados e quantificados e necessitam de mão-de-obra especializada para identificação de espécimes (BARBERCHECK et al., 2009).

GEOESTATÍSTICA E VARIABILIDADE ESPACIAL

Desde o início do século XX, há grande interesse na determinação de técnicas mais eficientes para a caracterização de uma determinada área, não apenas nas ciências do solo, como também em outras áreas do conhecimento (WOJCIECHOWSKI et al., 2009). Souza (2007) destaca o estudo da variabilidade espacial no âmbito da ciência do solo devido à heterogeneidade de seus atributos.

Vieira (2000) relata a antiga preocupação de pesquisadores no estudo da variabilidade espacial de propriedades do solo e de plantas, comprovando o fato citando os seguintes trabalhos: Smith (1910), Montgomery (1913), Robinson e Lloyd (1915), Pendleton (1919), Waynick e Sharp (1919) e Harris (1920). Contudo, naquela época não haviam ferramentas suficientes para estudar tal fenômeno (GUEDES FILHO, 2009). A análise e descrição da variabilidade dos atributos do solo podem ser realizadas através de técnicas geoestatísticas (VIEIRA, 2002; CARVALHO; SILVEIRA; VIEIRA, 2002), contribuindo também para caracterizar a influência do manejo do solo adotado nessa variabilidade (SILVA et al., 2008).

Originária da África do Sul, a geoestatística foi primeiramente utilizada pelo estatístico H. S. Sichel e o engenheiro de minas D. G. Krige, onde trabalharam com

dados referentes à concentração de ouro e perceberam influência da distância entre as amostras na variância dos dados (VIEIRA, 2000). Com auxílio do grupo Centre de Morphologie Mathematique na França, liderado por Matheron (1963), recebeu um tratamento formal baseado nos dados de Krige (1951) e surge, assim, a Teoria das Variáveis Regionalizadas.

A principal característica dessas variáveis é a continuidade ou variabilidade espacial (MONTEBELLER, 2005). Além disso, elas possuem dupla característica: aleatoriedade e espacialidade, indicando valores altamente variáveis e não totalmente independentes de ponto a outro no espaço (GUERRA, 1988).

Nos seus primórdios, a geoestatística era aplicada a uma única variável, como ferramenta auxiliar na descrição e representação de variáveis contínuas dos atributos dos solos. Mais recentemente, os métodos geoestatísticos se aperfeiçoaram e são aplicados a múltiplas variáveis e na quantificação de variáveis correlacionadas, desconhecidas ou de difícil determinação (STEIN; HOOGERWERF; BOUMA, 1988; McBRATNEY; HART; McGARRY, 1991). A aplicação da geoestatística pode diminuir custos para realização de estudos, visto que são necessárias menos amostras para descrever as características de uma dada área, sem reduzir a precisão das estimativas (VIEIRA et al., 1983).

Métodos estimadores geoestatísticos (variograma ou semivariograma, covariograma e correlograma) são usados como ferramentas de continuidade espacial para avaliar auto correlação espacial de dados e similaridade com a distância de coleta, definindo parâmetros utilizados na krigagem dos dados, o qual é um método de visualização de valores de um processo estocástico em regiões ou pontos não amostrados (CRESSIE, 1990). Guerra (1988) cita três semivariogramas diferentes: experimental, verdadeiro e teórico; ainda segundo o mesmo autor, dentre os modelos teóricos, os modelos esféricos, gaussianos e exponenciais se destacam.

Segundo Isaaks e Srivastava (1989), a dependência espacial é dada pela seguinte equação:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

onde:

$\gamma(h)$ - semivariância para a distância h;

$Z(x_i)$ - valor amostrado na posição x_i ;

$Z(x_i + h)$ - valor da mesma variável para alguma distância h , em qualquer direção

h - distância entre medições.

$N(h)$ - número de pares de valores analisados.

Após a geração dos semivariogramas experimentais, procedeu-se o ajuste dos dados a um modelo teórico, testando-se os mais comuns: exponencial, gaussiano e esférico, conforme equações (2, 3 e 4) abaixo:

Modelo Exponencial:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{h}{a}\right)} \right], \quad h \neq 0 \quad (2)$$

Modelo Gaussiano:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{h^2}{a^2}\right)} \right], \quad h \neq 0 \quad (3)$$

Modelo Esférico:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], \quad 0 < h < a \quad (4a)$$

e

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1, \quad h > a \quad (4b)$$

Com o ajuste dos modelos teóricos e a definição dos coeficientes para os semivariogramas, utiliza-se do método de estimativa de valores de atributos distribuídos no espaço a partir de valores adjacentes, conhecido como krigagem ordinária, que se trata de método de estimativa por médias móveis (LANDIM, 1998). Os valores obtidos pela krigagem são não viciados e têm variância mínima (VIEIRA et al., 1983), sendo ideais para a construção de mapas de contorno ou tridimensionais para verificação e interpretação da variabilidade espacial.

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO

O grau, a forma e a distribuição da correlação espacial são definidos através do estudo da variabilidade espacial dos atributos do solo (WOJCIECHOWSKI, 2006). Estudos recentes (BARBIERI; MARQUES JÚNIOR; PEREIRA, 2008; LEMOS

FILHO et al., 2008; SILVA et al., 2008; MARTINS et al., 2009; WOJCIECHOWSKI et al., 2009; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010; ORTIZ et al., 2010; SOUZA; MARQUES JÚNIOR; PEREIRA, 2010; CARDOSO et al., 2012; MION et al., 2012; SANTOS et al., 2013) tratam da variabilidade espacial das propriedades físico-químicas e de nematoides do solo.

A utilização da geoestatística se faz imprescindível para a avaliação dos atributos do solo, pois a variabilidade destes pode não ser detectada por métodos estatísticos clássicos, visto que desconsiderar a dependência entre as amostras (DOURADO NETO, 1989). A variabilidade e dependência espacial encontradas nas propriedades do solo devem-se ao uso e ocupação da terra, processos de formação pedológicos e manejo realizado sob a área (COSTA, 2012).

Atributos físicos do solo

O solo, por si só, apresenta variabilidade espacial, horizontal e vertical normalmente, porém tal característica pode ser ampliada devido às práticas de cultivo e manejo do solo e fatores de formação pedológicos (JENNY, 1941; SOUZA, 1992; SOUZA et al., 2001; SANTOS et al., 2006).

Visando o aumento da produtividade agrícola e o adequado manejo do solo, deve-se atentar para a variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo, tendo em vista a influência direta ou indireta destes no desenvolvimento e crescimento de culturas (GREGO; VIEIRA, 2005; SIMÕES et al., 2006).

Por afetar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e ser relativamente de fácil mensuração, a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) é considerada de grande importância (STOLF; FERNADES; FURLANI-NETO, 1983; TORMENA; ROLOFF, 1996; MERCANTE; OPAZO; SOUZA, 2003; SOUZA et al., 2006). Alguns trabalhos (UTSET; CID, 2001; SOUZA et al., 2006) encontraram diferentes comportamentos da variabilidade espacial da resistência à penetração em condições de solo seco e solo úmido, tendo o conteúdo de água no solo grande influência sob a dependência espacial do atributo mencionado. Mercante, Opazo e Souza (2003) encontraram camada superficial (0,00-0,10 m) compactada ao estudar a variabilidade espacial e temporal da RMSP em Latossolo Vermelho, quando comparados valores críticos descritos por Torres e Saraiva (1999). Silva, Reichert e

Reinert (2004) concluíram que o tráfego de implementos agrícolas provocou diferenças no estado de compactação em Argissolo e Latossolo.

Com relação à densidade do solo, Silva, Passos e Beltrão (2009) verificaram graus de dependência espacial distintos para a profundidade de 0,00-0,20 m de acordo com o sistema de cultivo, apresentando o plantio convencional moderada a alta dependência espacial e o cultivo direto, forte dependência espacial. Silva et al. (2008) concluíram que a densidade do solo na camada superficial (0,00-0,10 m) sob plantio direto apresentou maior continuidade e maior alcance quando comparada à área com revolvimento de solo.

As frações primárias do solo (areia, silte e argila) são mencionadas como os atributos com menor variabilidade (REICHARDT; TIMM, 2004; AMARO FILHO et al., 2007; CAMPOS et al., 2007). Contudo, Costa (2012) encontrou moderada e fraca dependências espaciais para argila nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, respectivamente; em relação às variáveis areia e silte, foi encontrada moderada dependência espacial na camada de 0,40-0,60 m. Campos et al. (2007) também encontraram moderada dependência espacial para as frações granulométricas do solo, porém outros comportamentos foram evidenciados em estudos de Souza et al. (2008), onde relatam forte dependência espacial; e Silva et al. (2010) que observaram fraca dependência espacial em todas as profundidades estudadas.

Os modelos teóricos mais comumente ajustados à densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade são esférico e exponencial (SOUZA et al., 2004a, CAMPOS et al., 2007). A porosidade total e umidade do solo são caracterizadas pelos maiores valores de alcance encontrados na literatura (SOUZA et al., 2004a) e os menores valores à resistência mecânica do solo à penetração (GREGO; VIEIRA, 2005).

Atributos químicos do solo

A amostragem de solo para análises químicas considera, em sua maioria, amostras compostas para a caracterização dos atributos químicos de uma determinada área, levando em consideração os valores médios obtidos dos nutrientes no solo. Esse fato implica em aplicações excessivas em uma região e insuficientes em outras (CAVALCANTE et al., 2007; SOUZA et al., 2007). Desse modo, análises químicas desconsideram a variabilidade, supondo semelhantes as propriedades do solo (PONTELLI, 2006).

Do ponto de vista da agricultura de precisão, o manejo correto da adubação do solo se faz através do conhecimento da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e, assim, minimizando impactos ambientais, melhorando o controle do sistema de produção agrícola (ROCHA; LAMPARELLI, 1998; SOUZA et al., 2004b; SILVA et al., 2007) e diminuindo custos aos agricultores.

O número de amostras coletadas também é de grande importância para a caracterização química do solo, visto que alguns nutrientes se comportam de maneira diferente no solo, apresentando diferentes variabilidades espaciais, fazendo com que a amostragem seja diferenciada para uma melhor descrição do comportamento dos nutrientes avaliados (GUEDES FILHO, 2009). A geoestatística surge como ferramenta para solucionar esse problema (DEUTSCH; JOURNAL, 1998).

Analisando atributos químicos do solo sob cultivo do café, Silva et al. (2007) concluíram que a variabilidade dos dados justifica a aplicação localizada e diferenciada de fertilizantes no solo. Em um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar, Souza et al. (2007) observaram diferentes zonas de manejo para aplicação de calcário. Os autores estimaram diferentes taxas de aplicação (variando de 0 a 2,1 t ha⁻¹) para corrigir a acidez do solo. Caso fosse realizado um estudo sem atribuição da variabilidade espacial, seriam necessários 1,5 t ha⁻¹ de calcário para toda área, indicando que grande parte da área (72 %) receberiam doses elevadas de calcário e para o restante (28 %) não haveria correção da acidez do solo (Souza et al., 2007).

Analisando a variabilidade espacial de Potássio e Fósforo, Barbieri, Marques Júnior e Pereira (2008) encontraram dependências de média a forte, e atribuíram a influência do relevo na variabilidade dessas variáveis. Em trabalho com cultivo de pimenta-do-reino, Santos, Gontijo e Nicole (2012) observaram forte dependência espacial para o Potássio e moderadas dependências para Cálcio, Magnésio e Fósforo. Outros trabalhos também avaliam a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, encontrado dependência espacial para os mais diversos nutrientes (CORÁ et al., 2004; SOUZA et al., 2004b; SILVA et al., 2008).

Santos et al. (2013), avaliando o potencial hidrogeniônico de solos em área remanescente de Mata Atlântica, encontraram dependência espacial do pH em todas as profundidades estudadas (0,00-0,20; 0,20-0,50 e 0,50-1,00 m). Trevisan et al. (2008) compararam a variabilidade vertical do pH em plantio direto e cultivo mínimo e observaram que as características do plantio direto (ausência de revolvimento do solo, cobertura morta e frequentes adubações) influenciaram a variabilidade deste atributo.

Souza, Marques Júnior e Pereira (2010), trabalhando em áreas com cana-de-açúcar, avaliaram, entre outras propriedades, o teor de matéria orgânica do solo e encontraram forte dependência espacial, indicando que a distribuição desse atributo não é aleatória na área em estudo. Lemos Filho et al. (2008), através de mapas de isolinhas, avaliaram a distribuição espacial do teor de matéria orgânica em solo sob cultivo de cana-de-açúcar. Os autores relatam que a semelhança no comportamento de tal atributo nas duas camadas estudadas (0,00-0,20 e 0,20-0,40 m) pode ser atribuída à uniformidade de incorporação da matéria orgânica no solo.

Como visto anteriormente, os atributos químicos do solo sofrem grande influência dos diferentes manejos do solo (CARVALHO et al., 1998; CARVALHO; SILVEIRA; VIEIRA, 2002). WERNER (2004) cita que o cultivo intensivo e o uso incorreto de fertilizantes favorecem acentuadas variações nos teores de nutrientes no solo. O sistema de semeadura direta aumenta a variabilidade espacial dos atributos químicos, tanto no sentido horizontal (KLEPKER; ANGHINONI, 1995; COUTO; STEIN; KLAMT, 1997) quanto no vertical (ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989; AMARAL; ANGHINONI, 2001), o que pode ser atribuído à distribuição não uniforme dos atributos na superfície do solo e às diferenças de teores em relação à profundidade de amostragem, segundo os autores citados.

Comparando-se os atributos químicos do solo entre si, o pH do solo se apresenta como o de menor variabilidade (FRANÇA et al., 2000; SOUZA et al., 2004b; PONTELLI, 2006; SILVA et al., 2007) e os nutrientes P e K como os de maior variabilidade (SILVA et al., 2003; PONTELLI, 2006; MACHADO et al., 2007). Estudos reportam dependências espaciais variando de forte a moderada para as propriedades químicas do solo (SILVA et al., 2003; MACHADO et al., 2007; ZANÃO JÚNIOR; LANA; GUIMARÃES, 2007), sendo os semivariogramas esférico e exponencial os mais comumente ajustados a esses atributos (CAVALCANTE et al., 2007; ZANÃO JUNIOR; LANA; GUIMARÃES, 2007).

Nematoides do solo

A variabilidade espacial dos nematoides do solo não é regular, sendo tipicamente encontrados em agregados, manifestando sintomas em reboleiras ou manchas (FERRIS; WILSON, 1987; GOULART, 2009), indicando a presença de dependência espacial entre as populações e os pontos amostrados. Essa variabilidade se

deve à natureza heterogênea do solo, tanto em escalas espaciais quanto temporais (ETTEMA; WARDLE, 2002), influenciando a estrutura das comunidades de nematoides do solo. Variações nos atributos físico-químicos dominantes em um determinado solo (BARDGETT, 2005) e, também, diversidade de plantas numa mesma área são condicionantes importantes para a estrutura espacial da subsuperfície do solo (BARDGETT; WARDLE, 2010).

Em estudo no estado de Michigan, EUA, Robertson e Freckman (1995), objetivaram descrever a distribuição espacial de diferentes grupos tróficos de nematoides em uma estação ecológica. Os resultados encontrados sugerem que a distribuição espacial de fitoparasitos possui efeito temporal, visto que não foi encontrada dependência espacial para esse grupo nas escalas espaciais estudadas (6-1200 m). Por outro lado, grupos não parasíticos (micófagos, bacteriófagos e onívoros+predadores) apresentam mais de 99% da variância amostral espacialmente dependente em escalas menores que 80 m.

Farias et al. (2002) avaliaram a presença de *Rotylenchulus reniformis* em área sob cultivo de algodão no Brasil, em duas épocas - antes da germinação e após a colheita - e observaram que a densidade populacional de nematoides tornou-se mais dispersa na segunda época de amostragem, com alcance de 16,8 m em comparação com 8,5 m após a germinação, e concluíram que o preparo do solo pode ter contribuído para a dispersão dos nematoides na área de estudo.

Liang et al. (2005) observaram padrões de distribuição espacial diferentes entre vários *taxa* de nematoides bacteriófagos na Estação Ecológica Experimental Shenyang, China, indicando que a agregação espacial de cada gênero de nematoide segue processos populacionais intrínsecos, como dispersão e reprodução. Além disso, os autores atribuem o prolongado uso agrícola do solo como fator para uma maior homogeneização da camada superficial do solo.

Em áreas de pastagem degradada e melhorada na Mongólia, China, Shi et al. (2008), objetivando avaliar padrões de distribuição horizontal das comunidades de nematoides, observaram dependência espacial para todos os grupos tróficos avaliados. Os autores ainda citam que há maior heterogeneidade das comunidades de nematoides na área melhorada quando comparada à área degradada.

Ortiz et al. (2010) mapearam áreas de riscos de nematoide das galhas, *Meloidogyne incognita*, que excederam o nível de dano de 100 J2 por 100 cm³ de solo. Utilizando diferente número de amostras coletadas (99, 64 e 35), os autores observaram

que quanto menor o número de amostras, maior a incerteza da presença de populações que excederam o nível de danos em áreas de alto risco, servindo como alerta aos produtores que coletam poucas amostras para quantificar infestações por nematoides.

Em trabalho realizado na Zona da Mata do estado de Pernambuco, Brasil, Cardoso et al. (2012) avaliaram a dependência espacial das comunidades de nematoides em área intensamente cultivada com cana-de-açúcar e em área remanescente de Mata Atlântica. Os resultados encontrados pelos autores sugerem que o manejo aplicado na área cultivada com cana-de-açúcar contribuiu para uma maior dispersão dos nematoides, enquanto que, na área com vegetação nativa, os nematoides apresentam distribuição agregada.

Viketoft (2013) comparou a influência de atributos vegetativos, espaciais e abióticos na distribuição espacial das comunidades de nematoides em área de prado seminatural na Suécia, observando que as variáveis espaciais, vegetativas e abióticas apresentam efeitos praticamente iguais na composição das comunidades de nematoides. Em relação aos padrões de distribuição horizontal dos nematoides, foram observadas manchas grandes com densidades populacionais médias e manchas pequenas com densidades populacionais altas ou baixas.

O objetivo da presente dissertação foi investigar os efeitos da aplicação de composto orgânico a base de nim sobre a variabilidade espacial de atributos físicos, químicos e biológicos de solo cultivado com pimenteiro no semiárido Pernambucano através de mapas de isolinhas gerados a partir de técnicas geoestatísticas e determinar relações entre a aplicação desse composto orgânico e a densidade populacional de nematoides, atributos do solo e crescimento da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADAL, P.; AURY, J. M.; CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E. G.; DELEURY, E.; PERFUS-BARBEOCH, L.; ANTHOUARD, V.; ARTIGUENAVE, F.; BLOK, V. C.; CAILLAUD, M. C.; COUTINHO, P. M.; DA SILVA, C.; DE LUCA, F.; DEAU, F.; ESQUIBET, M.; FLUTRE, T.; GOLDSTONE, J. V.; HAMAMOUCHE, N.; HEWEZI, T.; JAILLON, O.; JUBIN, C.; LEONETTI, P.; MAGLIANO, M.; MAIER, T. R.; MARKOV, G. V.; MCVEIGH, P.; PESOLE, G.; POULAIN, J.; ROBINSON-RECHAVI, M.; SALLET, E.; SÉGURENS, B.; STEINBACH, D.; TYTGAT, T.; UGARTE, E.; VAN GHELDER, C.; VERONICO, P.; BAUM, T. J.; BLAXTER, M.; BLEVE-ZACHEO, T.; DAVIS, E. L.; EWBANK, J. J.; FAVERY, B.; GRENIER, E.; HENRISSAT, B.; JONES, J. T.; LAUDET, V.; MAULE, A. G.; QUESNEVILLE, H.; ROSSO, M. N.; SCHIEX, T.; SMANT, G.; WEISSENBACH, J.; WINCKER, P. Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. **Nature biotechnology**, Nova Iorque, v. 26, n. 8, p. 909-915, 2008.

ADAMOU, H.; MAMADOU, A.; ADAMOU, B.; ALI, D.; TOUDOU, A. On-farm testing of Savanem 20 EC (Ethoprophos) for control of plant parasitic nematodes associated with pepper (*Capsicum annuum*) in Tillaberi (Niger). **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 4, p. 83-87, 2013.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP – negócios e consultoria, 2008. 502p.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira, Pimentão**. São Paulo: FNP – negócios e consultoria, 2012. p. 408-410.

AGUILAR-MELÉNDEZ, A.; MORRELL, P. L.; ROOSE, M. L.; KIM, S. Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; *Solanaceae*) from Mexico. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 96, n. 6, 1190-1902, 2009.

ALBUQUERQUE, F. S. **Lâminas de irrigação e doses de potássio em cultivo de pimentão fertirrigado na Região Metropolitana do Recife**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 695-702, 2001.

AMARO FILHO, J.; NEGREIROS, R. F. D.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho em Mossoró, RN. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.31, n. 3, p. 415-422, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. ABCSEM. **Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2010/2011**. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/docs/direitos_reservados.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2014.

BARBERCHECK, M. E.; NEHER, D. A.; ANAS, O.; EL-ALLAF, S. M.; WEICHT, T. R. Response of soil invertebrates to disturbance across three resource regions in North Carolina. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 152, n.1-4, p. 283-298, 2009.

BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 645-653, 2008.

BARDGETT, R. D. **The Biology of Soil: a Community and Ecosystem Approach**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005. 254p.

BARDGETT, R. D.; WARDLE, D. A. **Aboveground-Belowground Linkages: Biotic Interactions, Ecosystem Processes, and Global Change**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2010. 320p.

BARKER, K. R.; KOENNING, S. R. Developing sustainable systems for nematode management. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, p. 165–205, 1998.

BASHER, L. R. Is pedology dead and buried? **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 979-994, 1997.

BEARE, M. H.; PARMELEE, R. W.; HENDRIX, P. F.; CHENG, W.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, J. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. **Ecological Monographs**, Nova Iorque, v. 62, n. 4, p. 569–591, 1992.

BLAXTER, M. L. Nematoda: genes, genomes and the evolution of parasitism. **Advances in Parasitology**, v. 54, p. 101-195, 2003.

BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, Cambridge, v. 83, n. 1, p. 14-19, 1990.

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

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers**. Vegetable and Spice Capsicums. 2 ed. Cambridge: CABI, 2012. 230p.

BOUWMAN, L. A.; ARTS, W. B. M. Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 213-222, 2000.

BRIDGE, J. Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 34, p. 201-225, 1996.

BULLUCK III, L. R.; BARKER, K. R.; RISTAINO, J. B. Influences of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 21, p. 233-250, 2002.

CABONI, P.; SARAIS, G.; ANGIIONI, A.; GARCIA, A. J.; LAI, F.; DEBOLA, F.; CABRAS, P. Residues and persistence of neem formulations on strawberry after field treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 54, n. 26, p. 10026-10032, 2006.

CAMPOS, M. C. C.; FERRAZ, F. B.; FREITAS, E. W. S.; SOUZA, Z. M. Dependência espacial de atributos físicos e hídricos de um Espodosolo da zona da mata de Pernambuco. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Macapá, n.7, p. 84-91, 2007.

CARDOSO, M.O.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SILVA, E.F.F.; BARROS, P.Â. Effects of soil mechanical resistance on nematode community structure under conventional sugarcane and remaining of Atlantic Forest. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 6, p. 3529-3544, 2012.

CARES, J. E.; BLUM, E. B.; EDNALVA, P. A. Nematologia Vegetal: Uma introdução. In: BLUM, E. B.; CARES, J. E.; UESUGI, C. H. (Eds.). **Fitopatologia: o estudo das doenças de plantas**. 1. ed. Brasília: Otimismo, 2006. 265p.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. QUÉNHERVÉ, P. Enzyme phenotype of *Meloidogyne* spp. populations. **Nematology**, Leiden, v. 2, p. 645-654, 2000.

CARNEIRO, S. M. T. P. G. **Efeito do Nim (*Azadirachta indica*) sobre o oídio e antracnose**. Informe de Pesquisa, Londrina, n. 155, ago. 2008. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/IP155.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2014.

CARVALHO, O. S.; GASCÓ, J. M.; LOPEZ, F. G.; REQUEJO, A. S. Variabilidade espacial de algumas propriedades químicas e físicas de um solo submetido a diferentes sucessões de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 497-503, 1998.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.31, n. 6, p.1329-1339, 2007.

CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE PERNAMBUCO. CEASA-PE. **Participação e procedência dos produtos comercializados na CEASA-PE**. Recife: Central de Abastecimento de Pernambuco, 1992. 112p. (Relatório Técnico).

CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE PERNAMBUCO. CEASA-PE. **Principais municípios fornecedores. 2013**. Disponível em: <http://www.ceasape.org.br/calendario_pdf/PRINCIPAIS_MUNICIPIOS_FORNECEDORES_2012.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2014.

CHAUDHARY, K. K.; KAUL, R. K. Compatibility of *Pausteria penetrans* with fungal parasite *Paecilomyces lilacinus* against root-knot nematode on Chilli (*Capsicum annuum* L.). **South Asian Journal of Experimental Biology**, Nova Déli, v. 1, n. 1, 2012.

CHAVES, A.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. P.; MARANHÃO, S. R. V. L.; OLIVEIRA, M. K. R. S. Utilização de produtores alternativos no manejo de nematoides da cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 3, p. 260-264, 2009.

COGHLAN, A. Nematode genome evolution. **Conway Institute of Biomolecular and Biomedical Research**, Dublin, p. 1-15, 2005.

CORÁ, J. E.; ARAÚJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n. 6, p.1013-1021, 2004.

COSTA, C. S. **Efeitos da aplicação de vinhaça nas propriedades físicas, química e população de nematoides do solo coberto com palhço de cana-de-açúcar, sob manejo mecanizado**. 2012. 94 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

COUTO, E.G.; STEIN, A.; KLAMT, E. Large area variability of soil chemical properties in central Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.66, n. 2, p.139-152, 1997.

CRESSIE, N. The origins of kriging. **Mathematical Geology**, Belgium, v. 22, p. 239-252, 1990.

CSILLÉRY, G. Pepper taxonomy and the botanical description of the species. **Acta Agronomica Hungarica**, Akadémiai Kiadó, v. 54, p. 151-166, 2006.

DEUTSCH, C.V.; JOURNEL, A.G. **GSLIB: geostatistical software library and user's guide**, Nova Iorque: Oxford University, 1998. 369p. CD-Rom.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Spatial and temporal variability of plant-parasitic nematodes population in sugarcane. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 39-52, 2010.

DJIBEY, R. **Characterization of parasitic nematodes communities associated with pepper in the Diffa and Dosso regions and Reaction of two landraces of pepper and *Pasteuria penetrans* to *Meloidogyne* sp. in greenhouse**. 2012. Dissertação (Mestrado) - AGRHYMET Regional Centre, Niamey, 2012.

DOIHARA, I. P. **Efeito da aplicação de extrato pirolenhoso, óleo de nim (*Azadirachta indica*) e Acibenzolar-S-metil sobre a interação nematoide-planta hospedeira**. 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.

DORAN, J. W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.) **Methods for Assessing Soil Quality**. Madison: Soil Society of America, 1996. p. 25-37.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. In: SPARKS, D. L. (Eds.) **Advances in Agronomy**. Academic Press, 1996. p. 1-54.

DOURADO NETO, D. **Variabilidade especial das Alturas de chuva e irrigação e de potenciais da solução do solo**. 1989. 180 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

ELTZ, F. L. P.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Brunoálico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, p.259-267, 1989.

ERICKSON, A. N.; MARKHART, A. H. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper to elevated temperature. **Plant, Cell and Environment**, Nova Iorque, v. 25, n. 1, p. 123-130, 2002.

ETTEMA, C. H.; WARDLE, D. A. Spatial soil ecology. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 17, n. 4, p. 177-183, 2002.
FARIAS, P. R. S.; SANCHEZ-VILA, X.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; FERRAZ, L. C. C. B.; SOLÍS-DELFIN, J. Using geostatistical analysis to evaluate the presence of *Rotylenchulus reniformis* in cotton crops in Brazil: Economic implications. **Journal of Nematology**, Florida, v. 34, n. 3, p. 232-238, 2002.

FERRAZ, S.; VALLE, L.A. C. **Controle de fitonematóides por plantas antagônicas**. Viçosa: UFV. (Cadernos Didáticos, 7). 1997. 73p.

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, 1987. p. 372-376.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO. **Chillies and peppers, green**. 2010. Disponível em: <faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E> Acesso em: 7 jan. 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. 1. ed. Lavras-MG: UFLA, 2003a. 331p.

FILGUEIRA, A. R. F. **Novo manual de Olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV. 2003b. 412p.

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura, agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 2007. 421p.

FRANÇA, G. E.; OLIVEIRA, A. C.; MANTOVANI, E. C.; ANDRADE, C. L. T.; MARRIEL, I. E. Análise preliminar de mapas de variabilidade da fertilidade de solo. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. (Eds). **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000, p. 339-356.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. **Introdução a Nematologia**. 1 ed. Viçosa: UFV, 2004. 84p. (Caderno didático, 58).

GILREATH, J. P.; SANTOS, B. M.; MOTIS, T. N.; NOLING, J. W.; MIRUSSO, J. M. Methyl bromide alternatives for nematode and *Cyperus* control in bell pepper (*Capsicum annuum*). **Crop Protection**, Nova Iorque, v. 24, p. 903-908, 2005.

GIRISH, K.; BHAT, S. S. Neem – A green treasure. **Electronic Journal of Biology**, Hangzhou, v. 4, n. 3, p. 102-111, 2008.

de GOEDE, R. G. M.; BONGERS, T. Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.1, n. 1, p. 29-44, 1994.

GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. Nematode community. trophic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 258-266, 2003.

GOULART, A. M. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Comunidades de nematóides em Cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. **Nematologia Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 123–128, 2003.

GOULART, A. M. C. **Análise de dados em estudos de diversidade de nematóides**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 46p. (Documento 251).

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

GUEDES FILHO, O. **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um Sistema de semeadura direta**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

GUERRA, P. A. G. **Geoestatística operacional**. Brasília: MME/DNPM, 1988. 145p.

GUGINO, B. K.; IDOWU, O. J.; SCHINDELBECK, R. R.; VAN ES, H. M.; WOLFE, D. W.; MOEBIUS-CLUNE, B. N.; THIES, J. E.; ABAWI, G. S. 2. ed. **Cornell Soil Health Assessment Training Manual**. Geneva: Cornell University, 2009. 64p.

GUPTA, V. V. S. R.; YEATES, G. W. Soil microfauna as bioindicators of soil health. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.) **Biological Indicators of Soil Health**. Wallingford: CAB International, 1997, p. 201–233.

HARRIS, J. A. Practical universality of field heterogeneity as a factor influencing plot yields. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 19, n. 7, p. 279-314, 1920.

HATUTALE, G. **The effect of plant population and mulching on green pepper (*Capsicum annuum* L.) production under irrigation**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrícola) – Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Bloemfontein, 2010.

HAOUGUI, A.; KOLLO, A.I. Nematodes, unseen enemies of vegetables producers. **L'irrigant**, Ontário, v. 1, p. 18-19, 2006.

HORINO, Y.; LIMA, J. A.; CORDEIRO, C. M. T.; ROSSI, P. E. Influência da matéria orgânica e níveis de fósforo na produção de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 1, p.58, 1986.

HU, N., LOU, Y. L.; LIANG, L. Effect of the conservation tillage on soil nematode c-p groups and functional guilds. **Ecology and Environmental Sciences**, Magarpatta, v. 18, p. 2349- 2353, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Censo agropecuário**, 2006. Disponível em:
<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl1.asp?c=818&z=t&o=19&i=P>>.
Acesso em: 7 jan. 2014.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, M. **An introduction to applied geostatistics**. Oxford New York: University Press, 1989. 600p.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, p.45-66. 2006.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281p.

JONES, F. G. W.; THOMASSON, A. J. Bulk density as an indicator of pore space in soils usable by nematodes. **Nematologica**, Leiden, v. 22, n. 2, p. 133-137, 1976.

KANDJI, S. T.; OGOL, C. K. P. O.; ALBRECHT, A. Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physic-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 143-157, 2001.

KAPP, C. **Nematode soil community structure and function as a bio-indicator of soil health in Fynbos and deciduous fruit orchards**. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrícolas) – Universidade de Stellenbosch, Cidade do Cabo, 2013.

KIMENJU, J. W.; KARANJA, N. K.; MUTUA, G. K.; RIMBERIA, B. M.; WACHIRA, P. M. Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. **Tropical and subtropical agroecosystems**, Yucatán, v. 11, n. 2, p. 353-360, 2009.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 395-401, 1995.

KRIGE, D. A Statistical Approach to some mine valuation and allied problems on Witwatersrand. **The journal of the Chemical, Metallurgical & Mining Society of South Africa**, Joanesburgo, v. 52, n. 6, p. 119-139, 1951.

LAMBSHEAD P. J. D.; BOUCHER G. Marine nematode deep-sea biodiversity – hyperdiverse or hype? **Journal of Biogeography**, Nova Iorque, v. 30, n. 4, p. 475–485, 2003.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: UNESP, 1998. 226 p.

LANTOS, C.; JUHÁSZ, A. G.; VÁGI, P.; MIHÁLY, R.; KRISTÓF, Z.; PAUK, J. Androgenesis induction in microspore culture of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Plant Biotechnology Reports**, Tóquio, v. 6, n. 2, p. 123-132, 2012.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. **Conservation and enhancement of soil quality. Evaluation for sustainable land management in the developing world**. Bangkok: International Board for Soil Research and Management, 1991. p. 175-203.

LEMOS FILHO, L. C. A.; OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; ANDRADE, L. A. B. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 193-202, 2008.

LI, Y. J., WU, J. H., CHEN, H. L. AND CHEN, J. K. Nematodes as bioindicators of soil health: Methods and applications. **Chinese Journal of Applied Ecology**, v. 16, n. 8, p. 1541-1546, 2005.

LIANG, W.; JIANG, Y.; LI, Q.; LIU, Y.; WEN, D. Spatial distribution of bacterivorous nematodes in a Chinese Ecosystem Research Network (CERN) site. **Ecological Research**, Osaka, v. 20, n. 4, p. 481-486, 2005.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, Nova Iorque, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 591-599, 2007.

MAITHANI, A.; PARCHA, V.; PANT, G.; DHULIA, I.; KUMAR, D. *Azadirachta indica* (neem) leaf: A review. **Journal of Pharmacy Research**, Mohali, v. 4, n. 6, p.1824-1827, 2011.

MALHOTRA, A.; AGARWAL, T.; TRIVEDI, P. C. Screening of some chilli cultivars for their resistance against *Meloidogyne incognita*. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 136-142, 2012.

MARTINEZ, P.F. The influence of environmental conditions of mild winter climate on the physiological behavior of protected crops. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 357, p. 29-41, 1994.

MARTINEZ, S. S. (Ed.). **O nim *Azadirachta indica***: natureza, usos múltiplos, produção. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2002. 142p.

MARTINS, M. V.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Correlação linear e espacial entre a produtividade do feijoeiro e atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 147-154, 2009.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, v. 58, n. 8, p. 1246-1266, 1963.

MATOS, F. A. C. **Evolução, tendência, perspectivas e desafio futuro do agronegócio da olericultura no Brasil e Distrito Federal**. Distrito Federal: EMATER/DF – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal, 2010. 27p.

McBRATNEY, A. B.; HART, G. A.; McGARRY, D. The use of region partitioning to improve the representation of geostatistically mapped soil attributes. **Journal Soil Science**, Madison, v. 42, n. 3, p. 513-532, 1991.

MECKELMANN, S. W.; RIEGEL, D. W.; van ZONNEVELD, M. J.; RÍOS, L.; PEÑA, K.; UGAS, R.; QUINONEZ, L.; MUELLER-SEITZ, E; PETZ, M. Compositional characterization of native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 10, p. 2530-2537, 2013.

MERCANTE, E.; OPAZO, M. A. U.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 27, n. 6, p. 1149-1159, 2003.

MION, R.L.; NASCIMENTO, E.M.S.; SALES, F.A.L.; SILVA, S.F.; DUARTE, J.M.L.; SOUSA, B.M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.

MONTEBELLER, C. A. **Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no estado do Rio de Janeiro**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

MONTGOMERY, E. G. **Experiments in wheat breeding**: experimental error in the nursery and variation in nitrogen and yield. Washington: U.S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry Bulletin, 1913. 61p.

MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 24, n. 1, p. 139-148, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Neem: a tree for solving global problems**. Washington, D. C.: National Academy Press, 1992. 141p.

NEHER, D. A.; CAMPBELL, C. L. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 1, p. 17–28, 1994.

NEHER, D. A. Nematode communities in organically and conventionally managed agricultural soils. **Journal of Nematology**, Florida, v. 31, n. 2, p. 142-154, 1999.

NICOL, J. M.; TURNER, S. J.; COYNE, D. L.; NIJS, L.; HOCKLAND, S.; MAAFI, T. Z. Current nematode threats to world agriculture. In: JONES, J.; GHEYSEN, G.; FENOLL, C. (Eds.) **Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions**. Dordrecht: Springer, 2011. p. 21-43.

OLIVEIRA, F. S.; ROCHA, M. R.; REIS, A. J. S.; MACHADO, V. O. F.; SOARES, R. A. B. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematoide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 171-178, 2005.

OPPERMAN, C.H.; BIRD, D. M.; WILLIAMSON, V. M.; ROKHSAR, D. S.; BURKE, M.; COHN, J.; CROMER, J.; DIENER, S.; GAJAN, J.; GRAHAM, S.; HOUFEK, T. D.; LIU, Q.; MITROS, T.; SCHAFF, J.; SCHAFFER, R.; SCHOLL, E.; SOSINSKI, B. R.; THOMAS, V. P.; WINDHAM, E. Sequence and genetic map of *Meloidogyne hapla*: A compact nematode genome for plant parasitism. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 105, n. 39, p. 14802-14807, 2008.

OSAWA, T. Studies on the salt tolerance of vegetable crops with special reference to mineral nutrition. **Bull University of Osaka Prefecture**, Series B, Osaka, v.16, p. 13-57, 1965.

ORTIZ, B. V.; PERRY, C.; GOOVAERTS, P.; VELLIDIS, G.; SULLIVAN, D. Geostatistical modeling of the spatial variability and risk areas of southern root-knot nematodes in relation to soil properties. **Geoderma**, Amsterdam, v. 165, n. 3-4, p. 243-252, 2010.

OUMAROU, A. H. **Characterization of parasitic nematodes of *Solanacea* in the suburban area of Niamey**. 2010. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - University of Ouagadougou, Burkina Faso, 2010.

PATTISON, A. B.; MOODY, P. W.; BADCOCK, K. A.; SMITH, L. J.; ARMOUR, J. A.; RASIAH, V.; COBON, J. A.; GULINO, L. M.; MEYER, R. Development of key soil health indicators for the Australian banana industry. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 40, n. 1, p. 155-164, 2008.

PENDLETON, R. L. Are soils mapped under a given type name by the Bureau of Soils method closely similar to one another? **Agricultural Sciences**, Davis, v. 3, n. 12, p. 369-498, 1919.

PEREIRA, A. L. **Cultura do pimentão**. Fortaleza: DNOCS, 1990. 50p.

PERRY, L.; DICKAU, R.; ZARRILLO, S.; HOLST, I.; PEARSALL, D. M.; PIPERNO, D. R.; BERMAN, M. J.; COOKE, R. G.; RADEMAKER, K.; RANERE, A. J.; RAYMOND, J. S.; SANDWEISS, D. H.; SCARAMELLI, F.; TARBLE, K.; ZEIDLER, J. A. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. **Science**, Nova Iorque, v. 315, n. 5814, p. 986 – 988, 2007.

PONTELLI, C. B. **Caracterização da variabilidade espacial das características químicas do solo e da produtividade das culturas utilizando as ferramentas de agricultura de precisão**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

QUINTELA, E. D.; PINHEIRO, P. V. 2004. **Efeito de extratos botânicos sobre a oviposição de *Bemisia tabaci* biótipo B em feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão. 6p. (Comunicado Técnico, 92)

- ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Geoprocessamento. In: SILVA, F. M. **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFV, p.1-30, 1998.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004. 478p.
- REIS, J. B. S. **Análise da sensibilidade de duas cultivares de pimentão a diferentes condições de regime hídrico**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo Integrado de nematóides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, 2006.
- ROBERTSON, G. P.; FRECKMAN, D. W. The spatial distribution of nematode trophic groups across a cultivated ecosystem. **Ecology**, Nova Iorque, v. 76, n. 5, p. 1425-1432, 1995.
- ROBINSON, G. W.; LLOYD, W. E. On the probable error of sampling in soil surveys. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 144-153, 1915.
- RODRIGUES, J. L. M. T. C. **Projeto, construção e teste de casa de vegetação para a produção de alface na região de Viçosa-MG**. 1997. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1997.
- RYLSKI, I.; ALONI, B.; KARNI, L.; ZAIDMAN, Z. Flowering, fruit set, fruit development and fruit quality under different environmental conditions in tomato and pepper crops. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 366, p. 45-55, 1994.
- SANTOS, M. L.; CARVALHO, M. P.; RAPASSI, R. M. A.; MURAISHI, C. T.; MALLER, A.; MATOS, F. A. Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto do cerrado brasileiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 313-321, 2006.
- SANTOS, E. O. J.; GONTIJO, I.; NICOLE, R. S. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo, potássio no solo e produtividade da pimenta-do-reino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1062-1068, 2012.

SANTOS, M. C. N.; MELLO, J. M.; MELLO, C. R.; ÁVILA, L. F. Spatial continuity of soil attributes in an Atlantic Forest remnant in the Mantiqueira range, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 1, p. 68-77, 2013.

SHI, C.; ZHANG, X.; JIANG, Y.; JIANG, D.; STEINBERGER, Y. Geostatistical analysis of soil nematode communities under degraded and meliorated grasslands in the Horqin Sand Land. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Faisalabad, v. 4, n. 1, p. 55-61, 2008.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1013-1020, 2003.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 399-406, 2004.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e da produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 401-407, 2007.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, 2008.

SILVA, J. M.; PASSOS, A. L. R.; BELTRÃO, F. A. S. Análise espacial da densidade, umidade e resistência mecânica do solo à penetração sob sistemas de cultivo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 103-118, 2009.

SILVA, J. J. N.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, E. F. F.; FONTES JÚNIOR, R. V. P.; SILVA, A. P. N. Variabilidade espacial de parâmetros de crescimento da mamoneira e de atributos físico-químicos em Neossolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campinas, v.14, n. 9, p. 921-931, 2010.

SIMÕES, W. L.; SILVA, E. L.; LIMA, D. M.; OLIVEIRA, M. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 6, p.1061-1068, 2006.

SMITH, L. H. Plot arrangement for variety experiment with corn. **Proceedings of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 1, p. 84-89, 1910.

SOUZA, W. P.; BRUNO, G. B. Efeito da adubação organomineral sobre a produção de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 60, 1991.

SOUZA, L. S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. 1992. 162 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

SOUZA Z. M.; SILVA, M. L. S.; GUIMARÃES, D. T. S.; CARVALHO, M. P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p.699-707, 2001.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J., PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas de relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 937-944, 2004.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1763-1771, 2004.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; COOPER, M.; PEREIRA, G. P. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 487-492, 2006.

SOUZA, E. R. **Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um neossolo flúvico cultivado com cenoura irrigada com água moderadamente salina**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

SOUZA, Z. M.; BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; CAMPOS, M. C. C. Influência da variabilidade espacial de atributos químicos de um latossolo na aplicação de insumos para cultura da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 371-377, 2007.

SOUZA, E. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, T. E. M.; ANDRADE, T. S.; PEDROSA, E. R. Variabilidade espacial das frações granulométricas e da salinidade em um Neossolo Flúvico do semi-árido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 698-704, 2008.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 48-56, 2010.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.E., DOUBE, B. M.; GUPTA, V.V.S.R. (Eds.) **Biological Indicators of Soil Health**. Cambridge: CABI, 1997. p. 97-119.

STEIN, A.; HOOGERWERF, M.; BOUMA, J. Use of soil map delineations to improve (co)kriging of point data on moisture deficits. **Geoderma**, Amsterdam, v. 43, n. 2-3, p. 163-177, 1988.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI-NETO, V. L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. STAB. **Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 18-23, 1983.

TREVISAN, L. R.; LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LACERDA, Z. C.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade vertical de pH, bases e enxofre em Latossolo Vermelho cultivado sob sistema plantio direto e cultivo mínimo. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 7, p. 1-11, 2008.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p (Circular Técnica, 23).

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. D. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 2, p.333-339, 1996.

UTSET, A.; CID, G. Soil penetrometer resistance spatial variability in a ferralsol at several soil moisture conditions. **Soil Tillage Research**, Oxford, v. 61, n. 1, p. 193-202, 2001.

VAN BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators of soil health and disease suppression. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 13-24, 2000.

VERKERK, R. H. J.; WRIGHT, D. J. Biological activity of neem seed kernel extracts and synthetic azadirachtin against larvae of *Plutella xylostella* L. **Pesticide Science**, v. 37, p. 83-91, 1993.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, 2000. p. 1-54

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 1-54, 2002.

VIKETOFT, M. Determinants of small-scale spatial patterns: Importance of space, plants and factors for soil nematodes. **Soil Biology & Biochemistry**, Brisbane, v. 62, p. 92-98, 2013.

WARDLE, D. A.; YEATES, G. W.; WATSON, R. N.; NICHOLSON, K. S. Impacts of disturbance on detritus food-webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management strategies. **Advances in Ecological Research**, v. 26, p. 105–185, 1995.

WASILEWSKA, L. The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses. **Polish Ecological Studies**, v. 5, p. 97-145, 1979.

WASILEWSKA, L. Soil invertebrates as bioindicators - with special reference to soil-inhabiting nematodes. **Russian Journal of Nematology**, v. 5, n. 2, p. 113-126, 1997.

WAYNICK, D. D.; SHARP, L. T. Variability in soils and its significance to past and future soil investigations. II. Variation in nitrogen and carbon in field soils and their relation to the accuracy of field trials. **Agricultural Sciences**, Davis, v. 4, n. 5, p. 121-139, 1919.

WERNER, V. **Utilização de recursos de agricultura de precisão na geração de mapas de atributos, mapas de produtividade e aplicação de insumos à taxas variáveis**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

WOJCIECHOWSKI, J. C. **Geoestatística aplicada ao estudo das características físico-químicas do solo em áreas de floresta estacional decidual**. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

WOJCIECHOWSKI, J. C.; VALDIR SCHUMACHER, M.; F. P., CARLOS A. DA; MADRUGA, P. R. DE A.; KILCA, R. DE V.; BRUN, E. J.; SILVA, C. R. S. DA; VACCARO, S.; RONDON NETO, R. M. Geoestatística aplicada ao estudo das características físico-químicas do solo em áreas de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 383-391, 2009.

YEATES, G. W. Effects of plants on nematode community structure. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 37, p. 127-149, 1999.

YEATES, G. W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. **Agriculture Ecosystem Environment**, v. 74, n. 1, p. 113-135, 1999.

YEATES, G. W.; PATTISON, A. B. Moving up the Food Chain: Protozoa and nematodes. In: UPHOFF, N.; BALL, A. S.; FERNANDES, E.; HERREN, H.; HUSSON, O.; LAING, M. (Eds.) **Biological approaches to sustainable soil systems**. Nova Iorque: CRC/Marcel Dekker, 2006, p. 149-162.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n. 4, p.1000-1007, 2007.

Dinâmica da aplicação de torta de nim na variabilidade espacial de atributos edáficos, comunidade de nematoides e crescimento do pimenteiro no semiárido Pernambucano

CAPÍTULO II

Dinâmica da aplicação de torta de nim na variabilidade espacial de atributos edáficos, comunidade de nematoides e crescimento do pimenteiro no semiárido pernambucano

RESUMO

A incorporação, ao solo, da torta do nim (*Azadirachta indica*), tem sido preconizada pelo efeito inseticida e nematicida. Adicionalmente, a geoestatística é uma ferramenta útil no estudo da variabilidade espacial de nematoides, possibilitando a aplicação de fertilizantes orgânicos com maior eficiência e menor custo. Objetivou-se neste estudo investigar os efeitos da aplicação de torta de nim na variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo, comunidade de nematoides e crescimento do pimenteiro (*Capsicum annuum*), no semiárido Pernambucano, através de mapas de isolinhas gerados a partir de técnicas geoestatísticas. O experimento foi realizado em área de agricultura familiar, no município de Pesqueira, em duas malhas de amostragem regulares (7×7 pontos), Área 1 (A1) e Área 2 (A2), cada uma com 49 pontos e 2304 m², tendo A1 recebido aplicação de torta de nim (100 g de nim por metro linear da linha de cultivo) 30 dias após o planto do pimenteiro, e os dados, coletados em ambas as áreas aos 7 e 68 dias após o transplante. O modelo esférico foi ajustado a maioria das variáveis em ambas as áreas e épocas de coleta, exceto aos 68 dias para pH na A1 e densidade do solo na A2, que se ajustaram ao modelo Gaussiano e carbono orgânico e nematoides onívoros na A2, ajustados ao modelo exponencial. Os mapas de isolinhas indicaram maior homogeneização dos nutrientes disponíveis às plantas, diminuição da densidade do solo e maior crescimento das plantas na área com incorporação da torta de nim.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, *Azadirachta indica*, *Capsicum annuum*, diversidade trófica, matéria orgânica

Dynamics of neem cake as soil amendment on spatial variability of soil attributes, nematode community and pepper growth in the semiarid region of Pernambuco

ABSTRACT

The amendment of neem (*Azadirachta indica*) cake to the soil has been recommended for its insecticidal and nematicidal effects. Additionally, geostatistics is a useful tool for precision agriculture and nematode integrated management because organic amendments may be applied more efficiently and less onerously. It was aimed with this study to investigate the effects of neem cake application as organic amendments on the spatial variability of soil physical and chemical attributes, nematode community and pepper (*Capsicum annuum*) growth in the semiarid region of Pernambuco, through contour maps generated from geostatistical techniques. The experiment was carried out in a family farming, located in the municipality of Pesqueira, using two regular sampling grids (7×7 points), Area 1 (A1) and Area 2 (A2), each one with 49 points and 2304-m². Neem cake (100 g of neem cake per linear meter of each cultivation line) was applied in A1 30 days after pepper planting (DAP) and sampling, in both areas, performed at 7 and 68 DAP. In both areas most variables fitted to spherical model, except pH at 7 DAP in A1 and soil bulk density at 68 DAP in A2 fitted to Gaussian model, as well organic carbon and omnivorous nematodes at 68 DAP in A2 fitted to exponential model. Contour maps indicated area with neem cake amendment presented more homogeneous nutrients availability to plants, decreasing on soil bulk density and increasing on plant growth.

KEYWORDS: precision agriculture, *Azadirachta indica*, *Capsicum annuum*, trophic diversity, organic matter

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), olerícola originária da região tropical da América (ALBUQUERQUE, 2010), é uma das dez hortaliças mais cultivadas no Brasil (FILGUEIRA, 2007). Em 2011, foram cultivados 537.215 mil ha de hortaliças no Brasil, gerando um total de 17,30 milhões de toneladas, o que corresponde a R\$10.634,6 milhões. O pimentão contribuiu com aproximadamente 3,45% da produção nacional, ou seja, R\$365,7 milhões (ABCSEM, 2011).

Um dos grandes problemas enfrentados por agricultores que cultivam o pimentão é o ataque de pragas agrícolas, principalmente, nematoides fitoparasitos. *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são os gêneros mais importantes economicamente, visto que podem ocasionar perdas econômicas consideráveis, variando de acordo com a cultura, tipo de solo e espécie de nematoide (COLLANGE et al., 2011). Perdas de mais de 30% foram relatadas (SIKORA; FERNADÉZ, 2005) em hortaliças da família das Solanáceas.

O uso de nematicidas químicos sempre foi o principal método de controle de fitonematoides, porém estes são caros e causam danos ao ambiente. Técnicas alternativas de controle estão sendo bastante estudadas, dentre elas, a incorporação de matéria orgânica ao solo como método supressor de pragas agrícolas (OKA, 2010). Produtos derivados do nim (*Azadirachta indica* A. Juss) vêm ganhando notoriedade (MAITHANI et al., 2011) no combate a nematoides. Abbasi et al. (2005) evidenciou alta redução (70-90%) na população de *Meloidogyne hapla* e *Pratylenchus penetrans* sob condição de ambiente protegido. Oka et al. (2007) relatou efeito supressivo de diferentes doses (0,05 e 0,17 g kg⁻¹) de formulação de nim com 10% de azadiractina, composto ativo do nim, sobre juvenis de *Meloidogyne javanica* em solos arenosos alcalinos. Contudo, segundo Abbasi et al. (2005), a supressão de fitoparasitos pode ser atribuída a formação de amônia durante a decomposição da torta de nim e não, exclusivamente, à ação da azadiractina.

A agricultura de precisão pode ser aplicada ao manejo integrado de nematoides, pois fertilizantes orgânicos podem ser aplicados de maneira mais eficiente e menos onerosa. A geoestatística é uma ferramenta útil na agricultura de precisão, pois os mapas de isolinhas criados a partir da krigagem auxiliam no controle de nematoides e melhoramento da qualidade do solo, pois facilitam a visualização de áreas críticas para

o desenvolvimento da cultura e do manejo adotado em determinadas áreas (SILVA et al., 2008).

Estudos recentes (CARDOSO et al., 2012; MION et al., 2012; SANTOS et al., 2013, VIKETOFT, 2013) tratam da variabilidade espacial das propriedades físico-químicas e de nematoides do solo, comprovando que a estatística clássica pode não reproduzir com verossimilhança processos ocorrentes em uma dada área de acordo com a amostragem utilizada. A partir da identificação de padrões na distribuição espacial, seja horizontal ou vertical, dos nematoides, pode-se aplicar o manejo integrado dos mesmos a fim de controlar uma espécie danosa à cultura (MUELLER et al., 2010; GODEFROID et al., 2013).

A variabilidade espacial dos nematoides no solo não é regular, sendo tipicamente encontrados em agregados, manifestando sintomas em reboleiras ou manchas (FERRIS; WILSON, 1987; GOULART, 2009), sugerindo a presença de dependência espacial entre as populações e os pontos amostrados. Variações nos atributos físico-químicos dominantes em um determinado solo (BARDGETT, 2005) e, também, diversidade de plantas numa mesma área são condicionantes importantes para a estrutura espacial da subsuperfície do solo (BARDGETT; WARDLE, 2010).

Com base no exposto, nós hipotetizamos que: i) a torta de nim afeta padrões de distribuição espacial de certos gêneros de nematoides, principalmente parasitos de planta; ii) a variabilidade dos atributos físico-químicos de solo aluvial no semiárido brasileiro sofre mudanças ao se incorporar torta de nim; iii) o efeito da torta de nim nos atributos edáficos pode ser observado a curto prazo, 41 dias após a aplicação do composto orgânico. Portanto, objetivou-se neste estudo investigar os efeitos da aplicação de torta de nim na variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo, comunidade de nematoides e crescimento do pimenteiro, no semiárido Pernambucano, através de mapas de isolinhas gerados a partir de técnicas geoestatísticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O experimento foi realizado durante os meses de abril a junho de 2013 em área de agricultura familiar, sob as coordenadas 08° 23.771' S e 36° 51.351' W, localizada

em Pesqueira no semiárido Pernambucano, Brasil. A área total possui 6760 m² (65 x 104 m) e, antes do período experimental, havia apenas vegetação ruderal, porém o solo já estava preparado para o cultivo em linhas de pimentão. Uma análise exploratória foi realizada em março de 2013, onde se constatou a presença de nematoides na área. Em abril de 2013, foi realizado o transplante de 20000 mudas de pimenteiro, com espaçamento entre plantas de 0,25 m e espaçamento entre linhas de 1,30 m, totalizando 50 linhas de cultivo.

Da área total, foram selecionadas duas áreas menores, Área 1 (A1) e Área 2 (A2), para a realização do experimento, que consistiu de 68% da área total, ou seja, 4608 m². Em ambas as Áreas foi delimitada uma malha de amostragem regular com espaçamento entre pontos de 8 m, representando uma área de 2304 m² com 49 pontos cada, conforme Figura 1.

As coletas foram realizadas em dois períodos: I) Primeira coleta (i), aos 7 dias após o transplante do pimentão, e II) Segunda coleta (f), aos 68 dias após o transplante do pimentão, totalizando 61 dias experimentais. A segunda coleta foi realizada ao término do ciclo da cultura, no momento da colheita. Entre as duas coletas, foi realizado a diferenciação dos manejos das Áreas. Aleatoriamente, A1 foi sorteada para receber a aplicação de torta de nim após 21 dias do transplante do pimentão; A2 não recebeu modificação no manejo.

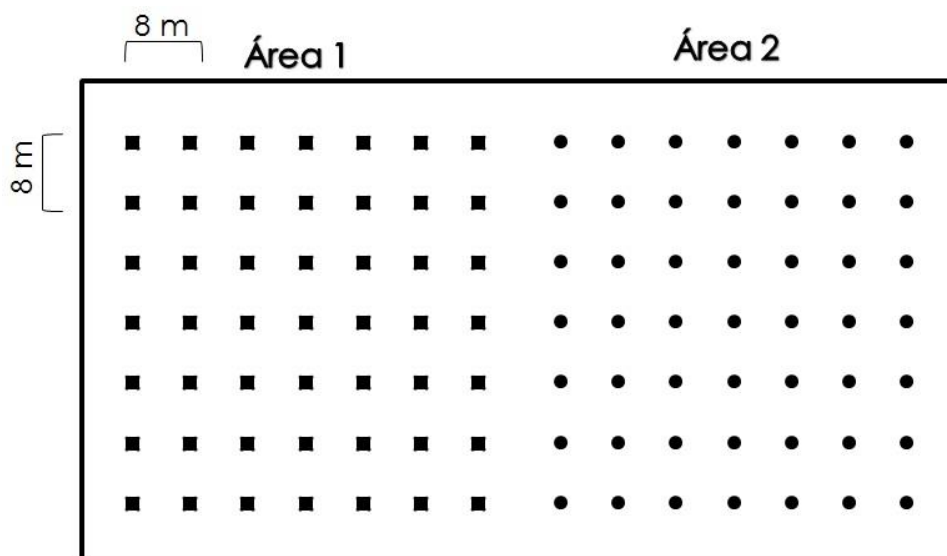


Figura 1. Representação gráfica das áreas experimentais no semiárido Pernambucano, município de Pesqueira, Brasil.

O solo das duas áreas experimentais foi classificado como Neossolo Regolítico (CORRÊA; RIBEIRO, 2001), com teores médios de 798,955 g kg⁻¹, 114,776 g kg⁻¹ e 86,269 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, para a Área 1; e 744,617 g kg⁻¹, 150,358 g kg⁻¹ e 105,025 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, para a Área 2. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é BSsh, caracterizado por ser semiárido quente, tipo estepe, com precipitação anual média de 730 mm e evapotranspiração potencial total anual média de 1683 mm (SANTOS et al., 2012). A precipitação média nas áreas de estudo durante o período experimental está representada na figura 2.

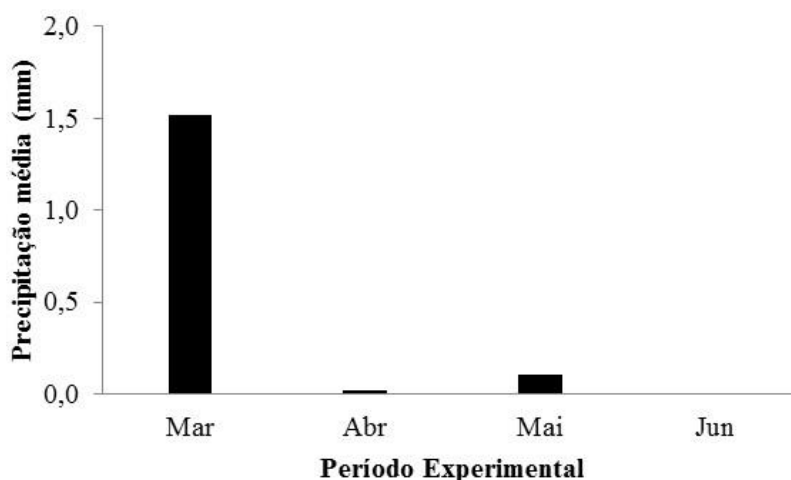


Figura 2. Precipitação média de março a Junho em área sob o cultivo de pimentão, no semiárido pernambucano.

Obtenção das Amostras

Amostras indeformadas de solo foram coletadas a cada 8 m com o auxílio do amostrador de Uhland modificado na profundidade de 0,20-0,40 m para a determinação da densidade e umidade do solo. Além das amostras indeformadas, foram coletadas amostras deformadas com auxílio de um escavador para a identificação dos nematoides e realização das análises químicas e demais análises físicas.

Na segunda coleta, além das amostras indeformadas e deformadas de solo, foram coletadas amostras de raízes e realizada a biometria da planta do pimentão, através de medições da altura da planta e diâmetro do caule a 5 cm do nível do solo (REZENDE et al., 2002).

Incorporação da torta de nim

A incorporação da torta de nim foi realizada 21 dias após o transplante do pimentão, sendo aplicados 100 g de torta de nim por metro linear da linha de cultivo. Para um melhor aproveitamento, o nim foi aplicado ao longo de cada uma das 7 linhas de cultivo da A1, sendo 25 cm acima e 25 cm abaixo da linha de cultivo, totalizando 10,6 kg de torta de nim por linha de cultivo, ou seja, aproximadamente 74 kg de torta de nim foram incorporados na malha regular da A1.

Considerou-se uma área de incorporação da torta de nim igual ao produto do comprimento da linha de cultivo (53 m) pela largura entre as trincheiras de aplicação da torta de nim (0,5 m), totalizando 26,5 m². Portanto, foram incorporados 10,6 kg de torta de nim a cada 26,5 m², dosagem equivalente a quatro toneladas de torta de nim por hectare (4 t ha⁻¹).

Análises nematológicas

As amostras para identificação de nematoides foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, encaminhadas ao Laboratório de Fitonematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e processadas a partir de alíquotas de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Durante o período experimental, foram coletadas 196 amostras de solo e 98 amostras de raízes. As suspensões de nematoides obtidas foram mantidas sob refrigeração (4-6 °C), realizando-se a identificação genérica e contagem dos espécimes em lâminas de Peters, sob microscópio óptico, em duas repetições, sendo os resultados computados em número de espécimes por 300 cm³ de solo. Os nematoides foram classificados de acordo com o hábito alimentar em cinco grupos tróficos (bacteriófagos, micófitos, onívoros, predadores e parasitos de planta), baseando-se na morfologia do estoma e do esôfago, de acordo com Yeates et al. (1993). Fitoparasitas foram identificados a nível de gênero, família ou ordem de acordo com May et al. (1996). A estrutura da comunidade de nematoides foi descrita pelos grupos tróficos e as razões micófitos/bacteriófagos (M/B) (GOMES; HUANG; CARES, 2003).

Análises Físicas

As amostras de solo para realização das análises físicas foram encaminhadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Resíduos/UFRPE. Posteriormente, as amostras foram preparadas e pesadas para obtenção da massa úmida (g) e depois levadas à estufa

a 105 °C por 24 h para obtenção da massa seca (g); a umidade (g g^{-1}) foi calculada pelo método gravimétrico, dividindo-se a massa de água pela massa seca do solo. A densidade do solo (g cm^{-3}) foi determinada pelo método do anel volumétrico. A densidade de partículas (g cm^{-3}), obtida pelo método do balão volumétrico, e a porosidade total (%) do solo foi calculada pela razão entre densidade do solo e a densidade de partículas. As classes texturais foram determinadas pelo método do densímetro de Boyoucos, logo após a dispersão de amostra em solução de hexametáfosfato de sódio e carbonato de sódio em água e posterior separação das diferentes classes granulométricas. Todas as análises físicas foram realizadas de acordo com metodologias sugeridas pela EMBRAPA (1997).

Análises Químicas

O teor de Carbono Orgânico total (CO) total foi determinado pelo método descrito em Yeomans e Bremner (1988), consistindo em digerir 0,5 g de terra fina seca ao ar (TFSA) passado em peneira de 60 mesh em 5 mL de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,167 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado por 30 minutos a 170°C em bloco digestor. Após o resfriamento até a temperatura ambiente, os extratos foram transferidos para erlenmeyers de 250 mL, utilizando-se água destilada suficiente para um volume final de até 80 mL. Em seguida, adicionaram-se 0,3 mL de solução indicadora de ferroin em cada erlenmeyer, procedendo-se a titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0,20 M, também conhecido como sal de Mohr. Paralelamente, foram realizadas provas em branco, com e sem aquecimento. O teor de CO total no solo foi obtido pela Equação 1.

$$CO = \frac{[(Vba - Vam)(Vbn - Vba)/Vbn] + (Vba - Vam)[M](3)(100)}{Ms} \quad (1)$$

onde:

CO = carbono orgânico (dag kg^{-1});

Vba = volume gasto na titulação do branco aquecido;

Vbn = volume gasto na titulação do branco sem aquecimento;

Vam = volume gasto na titulação da amostra;

[M] = molaridade do sulfato ferroso;

Ms = massa da amostra de solo em miligrama.

Para a obtenção do extrato da pasta de saturação do solo, utilizou-se aproximadamente 400 g de TFSA, as quais foi adicionada água destilada lentamente até a saturação da amostra. Identificou-se o ponto de saturação quando o solo apresentou-se com aspecto brilhante, sem lâmina de água sobre a superfícies; e, quando uma subamostra escorrega facilmente da extremidade da espátula. Após 24 horas com os recipientes fechados, as amostras foram transpostas para um conjunto composto por funil de buchner com filtro de papel no fundo e kitassato. Aplicou-se vácuo ao sistema funil-kitassato para que a solução do solo drenasse através do filtro de papel. Um recipiente foi colocado abaixo do kitassato para armazenar a solução extraída. Os extratos foram mantidos sob refrigeração até o momento de análises posteriores.

A partir do extrato de saturação do solo foram determinados os teores de sais solúveis (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e a condutividade elétrica (CE) de acordo com metodologia proposta por Richards (1954). As leituras dos cátions monovalentes foram realizadas em fotômetro de chama, enquanto que foi utilizado espectrofotômetro de absorção atômica para a obtenção dos teores dos cátions bivalentes. A CE foi medida através de condutivímetro previamente calibrado. Utilizando 10 g de TFSA, foi determinado o potencial hidrogeniônico (pH) do solo em água (1:2,5) em potenciômetro calibrado a cada bateria de leitura.

Em cada ponto amostrado foram coletados e armazenados em potes com tampas rosqueáveis, 100 g de amostras deformadas de solo para determinação da evolução C-CO₂ do solo. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fitonematologia/UFRPE e mantidas sob refrigeração por no máximo 15 dias. A evolução C-CO₂ foi realizada de acordo com metodologia proposta por Grisi (1978).

Análise estatística

Foi realizada análise estatística descritiva, por meio da avaliação de medidas de tendência central e dispersão e da aderência à distribuição normal, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância. Adicionalmente, os dados foram analisados para verificação de seu comportamento quanto à variabilidade. Conforme valores do coeficiente de variação (CV), a variabilidade foi classificada em baixa ($\text{CV} \leq 12\%$), média ($12 < \text{CV} \leq 60\%$) e alta ($\text{CV} > 60\%$) (WARRICK; NIELSEN, 1980).

Para análise geoestatística, utilizou-se a ferramenta geoestatística GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) (ENGLUND; SPARKS, 1991), adotando-se o estimador clássico da semivariância (JOURNAL; HUIJBREGTS, 1978):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

onde:

$\gamma(h)$ - é o valor da semivariância estimada a partir dos dados experimentais;

$N(h)$ - é o número de pares de observações;

$Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ - valores das amostras nas posições x_i e x_{i+h} , respectivamente;

h - distância entre pontos (LANDIM, 2003).

Verificada a existência de tendência dos dados, uma superfície residual foi construída pela diferença entre uma superfície polinomial ajustada e os dados originais. Os resíduos passam a ser a variável regionalizada que possui, localmente, médias iguais a zero (LANDIM, 2003), sendo assim ajustados semivariogramas experimentais aos resíduos.

Após a geração dos semivariogramas experimentais, procedeu-se o ajuste dos dados a um modelo teórico, testando-se os mais comuns: exponencial, gaussiano e esférico, conforme equações (3, 4 e 5) abaixo:

Modelo Exponencial:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{h}{a}\right)} \right], \quad h \neq 0 \quad (3)$$

Modelo Gaussiano:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{h^2}{a^2}\right)} \right], \quad h \neq 0 \quad (4)$$

Modelo Esférico:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], \quad 0 < h < a \quad (5a)$$

e

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1, \quad h > a \quad (5b)$$

Os parâmetros do semivariograma teórico foram representados nos gráficos definidos através do alcance (a), patamar (C) e efeito pepita (C_0), ajustados de modo a minimizar os erros quadráticos médios. Os ajustes dos modelos foram escolhidos em função dos parâmetros dos semivariogramas, coeficientes de determinação (R^2) e autovalidação (Jack-Knifing) (VAUCLIN et al., 1983). Nesta técnica, em que cada um dos valores medidos é interpolado pelo método da krigagem, eliminam-se,

sucessivamente, os valores medidos, os quais são substituídos pelas estimativas calculando-se, em seguida, a distribuição dos erros padronizados (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2006). Com o ajuste dos modelos teóricos e a definição dos coeficientes para os semivariogramas, utilizou-se do método de estimativa de valores de atributos distribuídos no espaço a partir de valores adjacentes, conhecido como krigagem ordinária, que se trata de método de estimativa por médias móveis (LANDIM, 2003). Os valores obtidos pela krigagem são não viciados e têm variância mínima (VIEIRA et al., 1983), sendo ideais para a construção de mapas de contorno ou tridimensionais para verificação e interpretação da variabilidade espacial.

Na elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis, foi utilizado o programa Surfer Software (GOLDEN SOFTWARE, 1999), com base nos valores estimados por krigagem, realizada com o programa GEO-EAS. A análise do grau de dependência espacial dos atributos foi realizada segundo Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar, moderada entre 25% e 75%, e fraca quando for maior que 75%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatística descritiva

Os resultados da estatística descritiva para os atributos do solo em áreas com e sem aplicação de torta de nim encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Os *taxa* de nematoides identificados na A1_i não apresentaram distribuição normal de acordo com o Teste de Kolmogorov-Smirnov (KS). Entretanto, na mesma área após aplicação da torta de nim, os nematoides bacteriófagos da ordem Rhabditida apresentaram distribuição Gaussiana. Na A2, apenas os nematoides de vida livre apresentaram distribuição normal, independentemente da campanha de amostragem. Entretanto, este teste é bastante rigoroso e facilmente rejeita a hipótese de normalidade (ZAR, 1999).

Em relação às propriedades físicas do solo, a densidade e os teores de areia, areia grossa e areia fina apresentaram normalidade tanto nas duas áreas quanto nas épocas de coleta. A umidade e a porosidade total do solo não apresentaram normalidade apenas na segunda área na segunda coleta, enquanto que o teor de silte apresentou normalidade apenas na A1.

A normalidade dos atributos químicos foi evidenciada apenas para o pH nas duas áreas e nas épocas de coleta. Dentre os sais solúveis avaliados, apenas o Na^+ apresentou normalidade na A2_i. O teor de carbono orgânico, por sua vez, apresentou normalidade na A1_f. Adicionalmente, as variáveis de crescimento das plantas de pimentão não apresentaram normalidade em nenhuma área e em nenhuma campanha de amostragem.

Valores de média e mediana quando próximos podem indicar normalidade dos dados, pois caracterizam uma distribuição simétrica dos dados (LIMPERT; STAHEL, 2011). Os valores de média e mediana foram relativamente próximos para todas as variáveis em ambas as áreas e campanhas de amostragem (Tabelas 1 e 2), indicando essa distribuição simétrica em torno da média. Porém algumas variáveis apresentaram grandes diferenças entre média e mediana: *Pratylenchus*, durante todo o experimento; evolução C-CO₂, na A1 em ambas as campanhas; Micófagos e cálcio solúvel na A1_i; e *Rotylenchulus* e sódio solúvel na A2_f. Para as variáveis citadas, a não normalidade foi confirmada através do teste KS.

Segundo Isaaks e Srivastava (1989), a geoestatística não exige a normalidade dos dados, contudo, dados normais são mais convenientes pois a distribuição deles não apresenta caudas muito alongadas, as quais podem comprometer as estimativas da krigagem.

Os valores de curtose, em grande maioria, foram próximos a zero (Tabelas 1 e 2). Contudo, observaram-se valores extremos tanto em relação às áreas quanto a época de amostragem. Na A1_i, a concentração de cálcio solúvel apresentou o maior valor de curtose, sendo igual a 10,22; no fim do experimento, ou seja, aos 68 dias após o transplante do pimentão, a evolução C-CO₂ apresentou o maior valor (5,40). Na A2, o total de nematoides e os bacteriófagos apresentaram os maiores valores de curtose no início e no final do experimento, respectivamente, sendo 11,91 e 9,89. Valores de curtose acima de zero caracterizam distribuição leptocúrtica. Segundo Zar (1999), uma distribuição leptocúrtica apresenta uma maior concentração de valores em torno da média e das caudas quando comparada à distribuição normal.

Tabela 1. Resumo descritivo das variáveis biológicas, físicas e químicas avaliadas associados à cultura do pimenteiro no semiárido Pernambucano em área com aplicação de torta de nim, em abril e junho de 2013, respectivamente

Variáveis	Unidade	Máx	Mín	Média	Mediana	Curtose	CV(%)	DP	KS
Área 1 (início)									
Crico	-	2,88	0,00	0,92	1,15	-1,57	104,66	0,97	ns
Praty	-	2,10	0,00	0,66	0,00	-1,52	120,93	0,80	ns
Rhab	-	2,17	0,00	0,89	1,20	-1,61	84,16	0,75	ns
Endo	-	2,55	0,00	0,98	1,20	-1,50	86,22	0,85	ns
Ecto	-	2,91	0,00	1,35	1,49	-0,94	65,13	0,88	ns
PP	-	2,93	0,00	1,71	1,80	0,99	42,44	0,73	ns
Bact	-	2,27	0,00	1,13	1,33	-1,00	64,72	0,73	ns
Mico	-	2,05	0,00	0,93	1,22	-1,73	83,39	0,77	ns
VL	-	2,47	0,00	1,54	1,60	0,99	43,91	0,68	ns
Total	-	3,02	0,00	2,03	2,13	3,73	29,61	0,60	ns
DS	g cm ⁻³	1,90	1,57	1,77	1,77	0,57	3,76	0,07	*
UMI	g g ⁻¹	0,09	0,06	0,08	0,08	-0,08	10,44	0,01	*
Poros	cm ³ cm ⁻³	0,40	0,28	0,34	0,34	-0,30	8,31	0,03	*
DP	g.cm ⁻³	2,74	2,53	2,67	2,67	0,57	1,70	0,05	ns
Areia	g kg ⁻¹	911,20	715,60	798,96	808,40	2,26	4,06	32,42	*
AG	g kg ⁻¹	745,90	526,30	633,53	642,10	-0,30	8,15	51,64	*
AF	g kg ⁻¹	217,20	107,90	165,42	165,00	0,21	14,94	24,71	*
Silte	g kg ⁻¹	180,00	10,00	114,78	112,80	4,10	23,24	26,67	*
Argila	g kg ⁻¹	111,60	71,60	86,27	84,40	-0,02	10,85	9,36	ns
CCO ₂	mg CO ₂	17,03	0,64	5,25	3,37	0,58	81,35	4,27	ns
CO	dag kg ⁻¹	1,84	0,04	0,79	0,65	-0,70	67,27	0,53	ns
CE	dS m ⁻¹	6,25	1,19	2,86	2,63	0,31	42,65	1,22	ns
Mg	mmol _c L ⁻¹	19,26	1,00	4,81	3,79	5,22	75,44	3,63	ns
Ca	mmol _c L ⁻¹	41,72	1,99	8,78	6,70	10,22	79,32	6,97	ns
K	mmol _c L ⁻¹	9,33	0,60	2,45	1,98	5,86	78,34	1,92	ns
Na	mmol _c L ⁻¹	39,69	6,52	15,82	13,28	1,33	54,26	8,58	ns
pH	-	8,34	5,74	6,98	6,98	-0,28	8,04	0,56	*
Área 1 (final)									
Crico	-	2,88	0,00	1,05	1,31	-1,55	95,67	1,00	ns
Praty	-	3,30	0,00	0,78	0,00	-0,66	122,04	0,95	ns
Rhab	-	3,46	1,58	2,49	2,52	0,28	15,83	0,39	*
Aphe	-	2,35	0,00	1,28	1,48	-0,34	55,98	0,72	ns
Ceph	-	2,50	0,00	1,19	1,38	-1,19	70,28	0,84	ns
Dory	-	2,21	0,00	1,19	1,35	-1,07	65,12	0,77	ns
Endo	-	3,30	0,00	0,95	1,32	-1,15	103,45	0,98	ns
Ecto	-	2,89	0,00	1,52	1,80	-0,92	62,27	0,94	ns
PP	-	3,32	0,00	1,73	1,91	-0,21	53,48	0,93	ns
Bact	-	3,47	1,61	2,56	2,60	0,40	14,93	0,38	*

Mico	-	2,39	0,00	1,55	1,63	2,11	39,53	0,61	ns
VL	-	3,48	1,88	2,67	2,69	-0,10	12,79	0,34	*
Total	-	3,50	1,88	2,79	2,81	0,01	12,86	0,36	*
DS	g cm ⁻³	1,95	1,59	1,76	1,75	0,03	4,55	0,08	*
UMI	g g ⁻¹	0,09	0,06	0,08	0,08	0,25	8,59	0,01	*
Poros	cm ³ cm ⁻³	0,41	0,26	0,34	0,34	0,29	9,02	0,03	*
DP	g cm ⁻³	2,74	2,53	2,67	2,67	0,57	1,70	0,05	ns
Areia	g kg ⁻¹	911,20	715,60	798,96	808,40	2,26	4,06	32,42	*
AG	g kg ⁻¹	745,90	526,30	633,53	642,10	-0,30	8,15	51,64	*
AF	g kg ⁻¹	217,20	107,90	165,42	165,00	0,21	14,94	24,71	*
Silte	g kg ⁻¹	180,00	10,00	114,78	112,80	4,10	23,24	26,67	*
Argila	g kg ⁻¹	111,60	71,60	86,27	84,40	-0,02	10,85	9,36	ns
CCO ₂	mg CO ₂	39,19	0,27	9,80	7,89	5,40	72,99	7,15	ns
CO	dag kg ⁻¹	1,25	0,03	0,54	0,64	-0,95	61,57	0,33	*
CE	dS m ⁻¹	6,48	1,27	2,83	2,46	0,74	41,40	1,17	ns
Mg	mmol _c L ⁻¹	14,07	1,50	5,42	4,69	2,85	45,42	2,46	ns
Ca	mmol _c L ⁻¹	23,41	4,57	10,25	8,98	1,36	40,82	4,18	ns
K	mmol _c L ⁻¹	8,83	0,60	3,33	3,00	2,48	54,22	1,81	ns
Na	mmol _c L ⁻¹	44,39	2,34	12,02	10,67	4,90	74,50	8,95	ns
Ph	-	7,44	5,32	6,48	6,48	0,16	7,32	0,47	*
Alt	cm	46,00	22,60	38,46	39,33	4,79	11,89	4,57	ns
Diam	cm	1,30	0,80	1,11	1,13	1,12	9,90	0,11	ns

Cric – Criconematidae; Praty – *Pratylenchus*; Rhab – Rhabditida; Aphe – *Aphelenchus*; Ceph – Cephalobidae; Dory – Dorylaimida; Endo – Endoparasitos; Ecto – Ectoparasitos; PP – Parasitos de planta; Bac – Bacteriófagos; Mic – Micófagos; VL – Nematoides de vida livre; DS – Densidade do solo; UMI – Umidade do solo; Poros – Porosidade total do solo; DP – Densidade de partículas; AG – Areia grossa; AF – Areia fina; CCO₂ – Evolução C-CO₂; CO – Carbono orgânico; CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação; Mg – Magnésio; Ca – Cálcio; K – Potássio; Na – Sódio; pH – Potencial hidrogeniônico; Alt – Altura da planta; Diam – Diâmetro do caule; Máx – Valor máximo; Mín – Valor Mínimo; CV – Coeficiente de variação; DP – Desvio Padrão; KS – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns – não significativo; * - significativo. Valores orginais de nematoides transformados para log(x+1).

Tabela 2. Resumo descritivo das variáveis biológicas, físicas e químicas avaliadas associados à cultura do pimentão no semiárido Pernambucano em área sem aplicação de torta de nim, em abril e junho de 2013, respectivamente

Variáveis	Unidade	Máx	Mín	Média	Mediana	Curtose	CV (%)	DP	KS
Área 2 (início)									
Praty	-	2,21	0,00	0,68	0,00	-1,40	121,88	0,83	ns
Rhab	-	2,42	0,00	1,03	1,31	-1,44	78,00	0,80	ns
Dory	-	2,21	0,00	0,99	1,29	-1,49	77,22	0,77	ns
Roty	-	2,54	0,00	1,30	1,62	-1,22	68,31	0,89	ns
Endo	-	2,21	0,00	0,89	1,11	-1,84	102,23	0,91	ns
Ecto	-	2,73	0,00	1,78	1,91	1,95	39,62	0,71	ns
PP	-	2,76	0,00	1,89	2,03	2,37	38,67	0,73	ns

Bac	-	2,53	0,00	1,29	1,53	-0,56	58,55	0,76	ns
Mic	-	2,10	0,00	0,60	0,00	-1,51	129,54	0,78	ns
Oni	-	2,21	0,00	0,99	1,29	-1,49	77,22	0,77	ns
VL	-	2,56	0,00	1,82	1,84	4,52	24,50	0,44	*
Total	-	2,96	0,00	2,26	2,27	11,91	20,12	0,45	ns
DS	g cm ⁻³	1,93	1,58	1,78	1,78	0,14	4,23	0,08	*
UMI	g g ⁻¹	0,10	0,07	0,08	0,08	-0,61	8,52	0,01	*
Poros	cm ³ cm ⁻³	0,41	0,29	0,34	0,34	-0,44	8,92	0,03	*
DP	g cm ⁻³	2,86	2,56	2,68	2,67	1,47	2,11	0,06	ns
Areia	g kg ⁻¹	808,40	705,60	744,62	741,20	-0,06	3,19	23,74	*
AG	g kg ⁻¹	625,50	498,80	560,95	556,75	-0,95	5,84	32,76	*
AF	g kg ⁻¹	218,70	158,60	183,67	184,55	-0,75	8,27	15,19	*
Silte	g kg ⁻¹	180,00	110,00	150,36	151,40	-0,74	11,80	17,75	ns
Argila	g kg ⁻¹	131,60	71,60	105,03	106,60	1,28	10,80	11,35	ns
CCO ₂	mg CO ₂	14,76	0,09	4,34	3,86	3,23	63,67	2,76	ns
CO	dag kg ⁻¹	2,08	0,21	1,04	0,81	-1,51	55,15	0,57	ns
CE	dS m ⁻¹	11,58	1,70	5,19	4,60	0,19	45,53	2,36	ns
Mg	mmol _c L ⁻¹	33,74	2,32	11,68	9,79	0,51	64,21	7,50	ns
Ca	mmol _c L ⁻¹	101,90	4,25	22,90	14,71	4,27	92,87	21,27	ns
K	mmol _c L ⁻¹	5,91	0,73	2,43	2,01	0,40	55,66	1,35	ns
Na	mmol _c L ⁻¹	74,61	7,20	28,67	25,63	1,18	52,18	14,96	*
pH	-	7,79	5,48	6,76	6,77	-0,47	7,87	0,53	*
Área 2 (final)									
Praty	-	1,91	0,00	0,71	0,00	-1,87	104,96	0,75	ns
Rhab	-	3,38	0,00	2,15	2,24	7,65	26,20	0,56	ns
Aphe	-	2,40	0,00	1,33	1,59	0,25	50,89	0,68	ns
Ceph	-	2,52	0,00	1,05	1,32	-1,32	73,77	0,77	ns
Dory	-	2,05	0,00	1,29	1,60	-0,14	53,69	0,69	ns
Roty	-	2,05	0,00	0,70	0,00	-1,66	110,67	0,78	ns
Dity	-	2,15	0,00	0,78	1,28	-1,85	97,00	0,75	ns
Endo	-	2,59	0,00	1,01	1,32	-1,50	89,60	0,90	ns
Ecto	-	2,51	0,00	1,55	1,63	0,44	47,53	0,73	ns
PP	-	2,84	0,00	1,78	1,85	1,92	37,97	0,68	ns
Bact	-	3,39	0,00	2,26	2,31	9,89	21,19	0,48	ns
Mico	-	2,59	0,00	1,52	1,65	1,67	42,04	0,64	ns
Oni	-	2,05	0,00	1,29	1,60	-0,14	53,69	0,69	ns
VL	-	3,40	1,74	2,49	2,52	1,57	11,71	0,29	*
Total	-	3,43	1,86	2,61	2,65	0,92	11,46	0,30	ns
DS	g cm ⁻³	1,89	1,54	1,75	1,76	-0,12	4,65	0,08	*
UMI	g g ⁻¹	0,12	0,08	0,09	0,09	1,75	9,20	0,01	ns
Poros	cm ³ cm ⁻³	0,42	0,29	0,35	0,35	-0,51	9,87	0,03	ns
DP	g cm ⁻³	2,86	2,56	2,68	2,67	1,47	2,11	0,06	ns
Areia	g kg ⁻¹	808,40	705,60	744,62	741,20	-0,06	3,19	23,74	*
AG	g kg ⁻¹	625,50	498,80	560,95	556,75	-0,95	5,84	32,76	*

AF	g kg ⁻¹	218,70	158,60	183,67	184,55	-0,75	8,27	15,19	*
Silte	g kg ⁻¹	180,00	110,00	150,36	151,40	-0,74	11,80	17,75	ns
Argila	g kg ⁻¹	131,60	71,60	105,03	106,60	1,28	10,80	11,35	ns
CCO ₂	mg CO ₂	47,52	2,41	15,06	13,11	3,82	57,03	8,59	ns
CO	dag kg ⁻¹	1,18	0,03	0,69	0,74	-1,20	48,05	0,33	ns
CE	dS m ⁻¹	6,01	1,78	3,18	2,68	-0,19	35,47	1,13	ns
Mg	mmol _c L ⁻¹	16,29	2,32	5,95	5,02	3,49	50,82	3,02	ns
Ca	mmol _c L ⁻¹	28,36	5,79	10,76	10,06	4,90	40,88	4,40	ns
K	mmol _c L ⁻¹	6,82	1,07	2,92	2,66	2,44	36,73	1,07	ns
Na	mmol _c L ⁻¹	45,44	3,38	17,66	12,92	-0,41	64,19	11,34	ns
pH	-	7,44	5,76	6,57	6,61	0,10	5,79	0,38	*
Alt	cm	42,33	15,75	32,98	33,33	5,75	12,41	4,09	ns
Diam	cm	1,07	0,77	0,93	0,93	-0,83	8,76	0,08	ns

Praty – *Pratylenchus*; Rhab – Rhabditida; Aphe – *Aphelenchus*; Ceph – Cephalobidae; Dory – Dorylaimida; Roty – *Rotylenchus*; Dity – *Ditylenchus*; Endo – Endoparasitos; Ecto – Ectoparasitos; PP – Parasitos de planta; Bact – Bacteriófagos; Mico – Micófitos; VL – Nematoides de vida livre; DS – Densidade do solo; UMI – Umidade do solo; Poro – Porosidade total do solo; DP – Densidade de partículas; AG – Areia grossa; AF – Areia fina; CCO₂ – Evolução C-CO₂; CO – Carbono orgânico; CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação; Mg – Magnésio; Ca – Cálcio; K – Potássio; Na – Sódio; pH – Potencial hidrogeniônico; Alt – Altura da planta; Diam – Diâmetro do caule; Máx – Valor máximo; Mfn – Valor Mínimo; C.V. – Coeficiente de variação; Desv. Pad. – Desvio Padrão; KS – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns – não significativo; * - significativo. Valores originais de nematoides transformados para log(x+1).

Segundo a classificação de Warrick e Nielsen (1980), a variabilidade dos diferentes grupos taxonômicos de nematoides apresentaram-se na maioria de média a alta, com excessão de nematoides de vida livre e total de nematoides na A2_f. Mais especificamente, endoparasitos e o gênero *Pratylenchus* apresentaram alta variabilidade durante todo o experimento, ou seja, a população de endoparasitos, sobretudo de *Pratylenchus* spp., estava muito heterogênea tanto nas áreas quanto durante as campanhas de amostragem, com coeficiente de variação (CV), do referido gênero, variando de 104,96% e 122,04% para A2_f e A1_f, respectivamente. A alta variabilidade desse gênero deve-se ao seu comportamento. Segundo Ferris, Mullens e Foord (1990), *Pratylenchoides* são endoparasitos migratórios e, portanto, locomovem-se dentro da planta e, também, pelo solo, caracterizando uma alta variabilidade.

Com relação aos bacteriófagos, nematoides da ordem Rhabditida apresentaram a mesma variabilidade com relação à época de amostragem, isto é, alta variabilidade em ambas as áreas no início do experimento e variabilidade média ao final do experimento. A mudança na variabilidade de Rhabditídeos deve-se à maior disponibilidade de recursos alimentícios aos 68 dias após o transplante do pimentão, levando a uma maior homogeneização desses nematoides ao longo das áreas (FRECKMAN, 1988). Apesar de

apresentaram média variabilidade nas duas áreas, os CV foram muito diferentes entre si, sendo 15,83% e 26,20% para A1_f e A2_f (Tabelas 1 e 2). A melhor homogeneização observada na A1 deve-se a aplicação da torta de nim, que favoreceu o aumento da comunidade bacteriana, garantindo melhores condições de sobrevivência para Rhabditídeos em diferentes regiões ao longo da área. De acordo com Freckman (1988), a forte associação entre bactérias, matéria orgânica e entre nematoides bacteriófagos foi estabelecida. Os resultados obtidos por Bulluck III, Barker e Ristaino (2002), Briar et al. (2012), Gruver et al. (2010) e Reardon, Strauss e Mazzola (2013) confirmam essa assertiva.

Como esperado, a maioria das propriedades físicas (densidade do solo, porosidade, umidade, densidade de partículas, areia, areia grossa e argila) apresentou a mesma variabilidade durante todo o experimento. A baixa variabilidade dos atributos físicos do solo (Tabelas 1 e 2) deve-se à proximidade entre as áreas, entre os pontos de coleta e à baixa variância desses atributos numa mesma área a curto prazo. Em estudo realizado em Planossolo háplico cultivado, Loureiro et al. (2010) observaram baixa variabilidade para areia e umidade do solo, corroborando dados do presente trabalho; porém observaram variabilidade média para o teor de argila, possivelmente devido ao tipo diferente de solo utilizado. Tavares et al. (2012), trabalhando em Argissolo Coeso cultivado com cana-de-açúcar na Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco, observaram baixas variabilidades para densidade do solo, umidade, porosidade, areia e argila.

Porém, foi observado diferença na variabilidade do silte e da areia fina entre áreas, podendo estar ligada a fatores intrínsecos ao solo. A maior mobilidade do silte no solo e os processos de deposição na planície aluvial (SANTOS, 2012) podem explicar a maior heterogeneidade do silte e da areia fina na A1 em comparação à A2.

Maior variabilidade de atributos físicos de solos aluviais também podem ser observadas devido à malha de amostragem. Iqbal et al. (2005) utilizaram 18 transectos paralelos em área circular e, contrariamente ao esperado, observaram alta variabilidade para areia e argila em planície fluvial nos EUA.

Em relação aos atributos químicos, a variabilidade da condutividade elétrica (CE) foi média durante todo o experimento, contudo os sais solúveis apresentaram variabilidade de média a alta (Tabelas 1 e 2). É importante destacar que a variabilidade do sódio, em ambas as áreas, mudou de média para alta em relação à época de coleta,

enquanto que os outros sais apresentaram comportamento inverso. Foi observada baixa variabilidade da reação do solo (pH) durante todo o experimento.

Em diferentes áreas no semiárido Nordeste vários autores também observaram média variabilidade na CE sob diferentes cultivos e tipos de solo: Montenegro e Montenegro (2006) em Neossolo Flúvico descoberto no Agreste Pernambucano; Mendes et al. (2007) em Cambissolo sob cultivo de mamão no estado do Rio Grande do Norte; Souza, Montenegro e Freire (2008) em Neossolo Flúvico sob cultivo de cenoura, durante todo o experimento, no estado de Pernambuco; Silva et al. (2010) em Neossolo Flúvico sob cultivo de mamona no semiárido Pernambucano. As áreas dos estudos realizados em Pernambuco encontram-se distantes 20 km, 38 km e 20 km, respectivamente, da área do presente estudo, indicando que a CE apresenta média variabilidade no vale aluvial do Agreste Pernambucano para Neossolos Flúvico e Regolítico. Contrariamente, Paz, Visconti e Rubio (2011) observaram alta variabilidade ($CV \approx 280\%$) em Fluvissoles calcárico e hiposálico em planície aluvial da Espanha, com cultivo predominante de citrus.

Com relação à variabilidade dos sais solúveis, Mendes et al. (2007) observaram média variabilidade para as concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ e alta variabilidade para Na^+ (final do ciclo da cultura), corroborando dados do presente trabalho. Contudo, Silva et al. (2010) observaram média variabilidade para Na^+ na camada de 0,20-0,40 m e Souza, Montenegro e Freire (2008) observaram alta variabilidade de K^+ ($CV_{\text{máximo}} = 143\%$) e média variabilidade Na^+ ($CV_{\text{máximo}} = 40,54\%$) durante todo o experimento na camada de 0,20-0,40 m, enquanto que as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} apresentaram aumento da variabilidade 96 dias após a semeadura. As diferenças observadas para as variabilidades dos sais solúveis entre o último trabalho citado e o presente trabalho, podem ser atribuídas à absorção ou expulsão desses nutrientes pelas raízes das culturas, à água de irrigação ou a fatores intrínsecos ao solo.

O carbono orgânico apresentou variabilidades diferentes entre as áreas, sendo alta na A1 e média na A2 em ambas as campanhas de amostragem, enquanto que a variabilidade de CCO_2 foi sempre alta na A1 e passou de alta para média, no início e ao final do experimento, respectivamente, na A2. Essas duas variáveis estão relacionadas à matéria orgânica do solo, mostrando que a torta de nim, apesar de ter aumentado a atividade microbiana do solo, não afetou a variabilidade das comunidades desses microrganismos na A1. Um fator que pode ter favorecido maiores diferenças entre os valores de CCO_2 em cada ponto amostrado na A1 é a maior densidade populacional de

bacteriófagos, que são responsáveis por aumentar a dispersão de microorganismos. Bird, Bonig e Bacic (1989) relatam que bactérias ficam aderidas à cutícula dos nematoides e podem ser carregadas para outras regiões de determinada área onde há maior disponibilidade de nutrientes, caracterizando uma protocooperação entre esses organismos (SAYRE, 1988).

A variabilidade espacial da produtividade é composta por dois tipos de componentes: permanentes, relacionados com as propriedades ou fatores intrínsecos ao solo, e transientes, controlados por fatores extrínsecos como clima, pragas e doenças (BASSO et al., 2007). Simmonds et al. (2013) citam que quando há interação entre esses fatores a produtividade é afetada tanto espacial quanto temporalmente, tornando difícil a definição das causas de perda de produtividade. No presente trabalho, os dados de produtividade estão relacionados às variáveis de crescimento do pimenteiro.

Enquanto que o diâmetro do caule apresentou baixa variabilidade em ambas as áreas, a altura da planta apresentou baixa e média variabilidades nas A1 e A2, respectivamente, indicando que a aplicação da torta de nim proporcionou equilíbrio nos teores dos nutrientes disponíveis à planta ao longo da A1. A adição de folhas de nim vermicompostadas também favoreceu incremento na altura de plantas de berinjela durante todo o experimento (GAJALAKSHMI; ABBASI, 2004).

Sorgonà et al. (2011) avaliaram o crescimento de plantas de tomate e pepino adubados com composto de resíduos de laranja acidificados nas doses 0, 7,5, 15 e 30% e observaram que o melhor crescimento foi proporcionado com a segunda dose para ambas as culturas. em ambiente protegido. Silva et al. (2010), avaliando o crescimento de plantas de mamona em Neossolo Flúvico no semiárido Pernambucano, observaram que, aos 63 dias após a semeadura, tanto a altura da planta quanto o diâmetro caulinar apresentavam média variabilidade. Montanari et al. (2013) também observaram média variabilidade para a produtividade da massa verde da forragem de sorgo cultivado em Planossolo. Porém, Dalchiavon et al. (2011) observaram altíssima variabilidade (CV \approx 681%) da produtividade de feijoeiro em Latossolo Vermelho Distroférico.

Estrutura espacial dos atributos do solo

Os parâmetros do semivariograma teórico e o grau de dependência espacial, segundo a classificação de Cambardella et al. são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Parâmetros dos semivariogramas teóricos, grau de estrutura espacial e validação cruzada dos atributos do solo em área de pimentão com aplicação de nim no Semiárido nordestino

Variáveis	Modelo	C ₀	C ₁	C ₀ +C ₁	a (m)	R ²	C ₀ /(C ₀ +C ₁)	GDE	Jack-Knifing	
									Média	Desv. P
Área 1 (início)										
Crico	Esf.	0,692	0,268	0,960	28,340	0,607	0,721	Mod	0,005	1,021
Praty	Esf.	0,280	0,196	0,476	19,548	0,676	0,588	Mod	-0,018	1,065
Rhab	Efeito pepita puro									
Endo	Esf.	0,221	0,520	0,741	19,623	0,968	0,298	Mod	-0,023	1,014
Ecto	Esf.	0,486	0,330	0,816	13,563	0,520	0,596	Mod	0,021	1,009
PP	Efeito pepita puro									
Bact	Efeito pepita puro									
Mico	Efeito pepita puro									
VL	Esf.	0,129	0,305	0,434	13,499	0,730	0,297	Mod	0,002	1,032
Total	Esf.	0,080	0,278	0,358	14,810	0,862	0,223	Forte	0,006	1,005
DS	Esf.	0,00046	0,00454	0,005	13,624	1,000	0,092	Forte	-0,036	1,034
UMI	Efeito pepita puro									
Poros	Efeito pepita puro									
DP	Efeito pepita puro									
Areia	Esf.	262,033	308,006	570,039	17,255	0,9780	0,460	Mod	-0,006	1,050
AG	Esf.	861,420	579,365	1440,785	23,394	0,709	0,598	Mod	-0,006	1,030
AF	Esf.	183,532	485,596	669,128	36,273	0,9830	0,274	Mod	-0,013	1,057
Silte	Esf.	212,238	217,482	429,720	16,866	0,990	0,494	Mod	0,002	1,050
Argila	Efeito pepita puro									
CCO ₂	Gaus.	12,176	13,863	26,039	41,902	0,9560	0,468	Mod	-0,010	1,061
CO	Esf.	0,048	0,237	0,285	13,52	0,819	0,168	Forte	0,011	0,988
CE	Efeito pepita puro									
Mg	Efeito pepita puro									
Ca	Esf.	7,338	44,893	52,231	11,313	0,8470	0,140	Forte	0,001	0,989
K	Efeito pepita puro									
Na	Efeito pepita puro									
pH	Efeito pepita puro									
Área 1 (final)										
Crico	Esf.	0,116	0,910	1,026	11,209	0,9550	0,113	Forte	-0,006	0,979
Praty	Efeito pepita puro									
Rhab	Efeito pepita puro									
Aphe	Efeito pepita puro									
Ceph	Esf.	0,427	0,282	0,709	12,494	0,130	0,602	Mod	0,052	1,010
Dory	Esf.	0,451	0,186	0,637	33,271	0,7490	0,708	Mod	-0,038	1,016
Endo	Efeito pepita puro									
Ecto	Efeito pepita puro									
PP	Esf.	0,186	0,638	0,824	17,902	0,9550	0,226	Forte	-0,012	1,014
Bact	Efeito pepita puro									
Mico	Efeito pepita puro									

VL	Efeito pepita puro									
Total	Esf.	0,047	0,06800	0,115	13,628	0,3780	0,409	Mod	0,006	1,048
DS	Esf.	0,00146	0,00454	0,006	13,624	0,9120	0,243	Forte	-0,039	0,996
UMI	Efeito pepita puro									
Poros	Efeito pepita puro									
DP	Efeito pepita puro									
Areia	Esf.	262,033	308,006	570,039	17,255	0,978	0,460	Mod	-0,006	1,050
AG	Esf.	861,420	579,365	1440,785	23,394	0,709	0,598	Mod	-0,006	1,030
AF	Esf.	183,532	485,596	669,128	36,273	0,983	0,274	Mod	-0,013	1,057
Silte	Esf.	212,238	217,482	429,720	16,866	0,990	0,494	Mod	0,002	1,050
Argila	Efeito pepita puro									
CCO ₂	Esf.	36,085	13,892	49,977	20,653	0,727	0,722	Mod	-0,016	1,035
CO	Esf.	0,072	0,040	0,112	17,178	0,230	0,643	Mod	0,001	0,985
CE	Esf.	0,868	0,484	1,352	17,063	0,342	0,642	Mod	-0,020	1,051
Mg	Efeito pepita puro									
Ca	Efeito pepita puro									
K	Esf.	2,105	1,673	3,778	56,671	0,981	0,557	Mod	-0,013	1,010
Na	Efeito pepita puro									
pH	Gaus.	0,186	0,091	0,277	32,687	0,919	0,671	Mod	-0,007	1,004
Alt	Esf.	7,480	12,763	20,243	14,858	0,497	0,370	Mod	-0,008	1,015
Diam	Efeito pepita puro									

Crico – Criconematidae; Praty – Pratylenchus; Rhab – Rhabditida; Ape – Aphelenchus; Ceph – Cephalobidae; Dory – Dorylaimida; Endo – Endoparasitos; Ecto – Ectoparasitos; PP – Parasitos de planta; Bact – Bacteriófagos; Mico – Micófitos; VL – Nematoides de vida livre; DS – Densidade do solo ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); UMI – Umidade do solo ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$); Poro – Porosidade total do solo ($\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$); DP – Densidade de partículas ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); Areia ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$); AG – Areia grossa ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$); AF – Areia fina ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$); Silte ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$); Argila ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$); CCO₂ – Evolução C-CO₂ ($\text{mg}\cdot\text{CO}_2$); CO – Carbono orgânico ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$); CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$); Mg – Magnésio ($\text{mmol}_e\cdot\text{L}^{-1}$); Ca – Cálcio ($\text{mmol}_e\cdot\text{L}^{-1}$); K – Potássio ($\text{mmol}_e\cdot\text{L}^{-1}$); Na – Sódio ($\text{mmol}_e\cdot\text{L}^{-1}$); pH – Potencial hidrogeniônico; Alt – Altura da planta (cm); Diam – Diâmetro do caule (cm); C₀ – Efeito pepita; C₁ – Soleira; C₀+C₁ – Patamar; R² – Coeficiente de determinação; GDE – Grau de dependência espacial; Desv. P – Desvio padrão; Esf. – Esférico; Gaus. – Gaussiano. Valores originais de nematoides transformados para $\log(x+1)$.

Tabela 4. Parâmetros dos semivariogramas teóricos, grau de estrutura espacial e validação cruzada dos atributos do solo em área de pimentão sem aplicação de nim no Semiárido nordestino

Variável	Modelo	C ₀	C ₁	C ₀ +C ₁	a (m)	R ²	C ₀ /(C ₀ +C ₁)	GDE	Jack-Knifing	
									Média	Desv. P
Área 2 (início)										
Praty	Efeito pepita puro									
Rhab	Efeito pepita puro									
Dory	Efeito pepita puro									
Roty	Esf.	0,309	0,184	0,493	17,193	0,305	0,627	Mod	0,009	1,027
ENDO	Efeito pepita puro									
ECTO	Esf.	0,320	0,120	0,44	34,957	0,729	0,727	Mod	-0,007	1,061
PP	Esf.	0,285	0,186	0,471	21,444	0,776	0,605	Mod	0,006	1,049
BACT	Efeito pepita puro									

MICO	Efeito pepita puro									
ONI	Efeito pepita puro									
VL	Efeito pepita puro									
Total	Efeito pepita puro									
DS	Efeito pepita puro									
UMI	Efeito pepita puro									
PORO	Efeito pepita puro									
DP	Efeito pepita puro									
Areia	Efeito pepita puro									
AG	Esf.	731,569	301,666	1033,235	27,367	0,980	0,708	Mod	-0,049	0,997
AF	Efeito pepita puro									
Silte	Efeito pepita puro									
Argila	Esf.	72,140	19,715	91,855	16,947	0,310	0,785	Fraco	0,015	1,037
CCO ₂	Esf.	2,334	1,668	4,002	13,591	0,977	0,583	Mod	-0,020	1,075
CO	Esf.	0,291	0,40	0,691	15,566	0,136	0,421	Mod	0,000	0,916
CE	Esf.	1,675	5,067	6,742	27,537	0,906	0,248	Forte	0,001	0,961
Mg	Esf.	12,615	52,304	64,919	30,989	0,903	0,194	Forte	-0,004	0,952
Ca	Esf.	88,199	424,174	512,373	17,162	0,841	0,172	Forte	0,014	0,953
K	Esf.	0,716	1,172	1,888	15,736	0,515	0,379	Mod	-0,007	1,038
Na	Esf.	42,574	214,954	257,528	18,522	0,986	0,165	Forte	0,004	1,013
pH	Esf.	0,146	0,161	0,307	27,6244	0,992	0,476	Mod	-0,018	1,026
Área 2 (final)										
Praty	Efeito pepita puro									
Rhab	Efeito pepita puro									
Aphe	Efeito pepita puro									
Ceph	Esf.	0,347	0,255	0,602	15,380	0,387	0,576	Mod	0,045	1,043
Dory	Esf.	0,202	0,267	0,469	17,963	0,852	0,431	Mod	0,019	1,023
Roty	Esf.	0,233	0,386	0,619	14,000	0,526	0,376	Mod	-0,007	1,007
Dity	Efeito pepita puro									
ENDO	Efeito pepita puro									
ECTO	Efeito pepita puro									
PP	Efeito pepita puro									
BACT	Efeito pepita puro									
MICO	Efeito pepita puro									
ONI	Exp.	0,326	0,240	0,566	31,421	0,645	0,576	Mod	0,014	0,923
VL	Esf.	0,076	0,017	0,093	34,151	0,538	0,817	Fraco	-0,033	0,966
Total	Efeito pepita puro									
DS	Gaus.	0,0039	0,0048	0,0087	29,585	0,958	0,448	Mod	0,011	1,005
UMI	Efeito pepita puro									
PORO	Esf.	0,00050	0,00079	0,00129	33,000	0,976	0,388	Mod	-0,016	1,042
DP	Efeito pepita puro									
Areia	Efeito pepita puro									
AG	Esf.	731,569	301,666	1033,235	27,367	0,980	0,708	Mod	-0,049	0,997
AF	Efeito pepita puro									
Silte	Efeito pepita puro									
Argila	Esf.	72,14	19,715	91,855	16,947	0,310	0,785	Fraco	0,015	1,037

CCO ₂	Efeito pepita puro									
CO	Exp.	0,087	0,039	0,126	36,256	0,845	0,690	Mod	-0,018	0,993
CE	Esf.	0,659	0,663	1,322	21,663	0,843	0,498	Mod	0,022	1,006
Mg	Esf.	3,741	5,866	9,607	17,148	0,664	0,389	Mod	0,019	0,963
Ca	Esf.	9,686	10,902	20,588	16,962	0,692	0,470	Mod	0,020	0,967
K	Esf.	0,204	1,069	1,273	13,504	0,624	0,160	Forte	0,028	0,984
Na	Efeito pepita puro									
pH	Efeito pepita puro									
Alt	Esf.	12,072	7,122	19,194	19,967	0,448	0,629	Mod	-0,030	0,965
Diam	Efeito pepita puro									

Praty – Pratylenchus; Rhab – Rhabditida; Aphe – Aphelenchus; Ceph – Cephalobidae; Dory – Dorylaimida; Roty – Rotylenchulus; Dity – Ditylenchus; ENDO – Endoparasitos; ECTO – Ectoparasitos; PP – Parasitos de planta; BACT – Bacteriófagos; MICO – Micófitos; ONI – Onívoros; VL – Nematoides de vida livre; DS – Densidade do solo (g cm^{-3}); UMI – Umidade do solo (g g^{-1}); PORO – Porosidade total do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); DP – Densidade de partículas (g cm^{-3}); Areia (g kg^{-1}); AG – Areia grossa (g kg^{-1}); AF – Areia fina (g kg^{-1}); Silte (g kg^{-1}); Argila (g kg^{-1}); CCO₂ – Evolução C-CO₂ (mg CO_2); CO – Carbono orgânico (dag kg^{-1}); CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS m^{-1}); Mg – Magnésio (mmolc L^{-1}); Ca – Cálcio (mmolc L^{-1}); K – Potássio (mmolc L^{-1}); Na – Sódio (mmolc L^{-1}); pH – Potencial hidrogeniônico; Alt – Altura da planta (cm); Diam – Diâmetro do caule (cm); C₀ – Efeito pepita; C₁ – Soleira; C₀+C₁ – Patamar; R² – Coeficiente de determinação; GDE – Grau de dependência espacial; Desv. P – Desvio padrão; Esf.- Esférico; Exp. – Exponencial; Gaus. – Gaussiano. Valores orginais de nematoides transformados para $\log(x+1)$.

Baseando-se nas semivariâncias experimentais obtidas para os atributos edáficos, ajustou-se o modelo esférico (Equações 5a e 5b) para a maioria deles em ambas as áreas e épocas de coleta; exceto para pH na A1_f e Densidade do solo na A2_f que se ajustaram ao modelo Gaussiano (Equação 4) e Onívoros e carbono orgânico na A2_f, ajustados ao modelo exponencial (Equação 3). Os parâmetros estimados para os modelos (C₀, C₁ e a) foram validados pelo critério de Jack-Knifing, onde a média dos erros reduzidos apresenta valor próximo de zero e o desvio padrão é praticamente unitário (Tabelas 3 e 4).

O modelo esférico é considerado o mais comum para o ajuste das semivariâncias experimentais na ciência do solo e na nematologia. Diversos autores ajustaram o modelo esférico a variáveis físicas (TAVARES et al., 2012; CARDOSO et al., 2012; SILVA et al., 2010), químicas (YANG et al., 2013; VIEIRA et al., 2011; PAZ; VISCONTI; RUBIO, 2011; PINHEIRO et al., 2008;) e nematológicas (VIKETOFT, 2013; CARDOSO ET AL., 2012; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2009; HUA; JIANG; LIANG, 2008).

Algumas variáveis não foram ajustadas a nenhum modelo, apresentando efeito pepita puro (EPP) (Tabelas 3 e 4), caracterizando uma distribuição aleatória ao longo da área de estudo. Na A1_i, das 27 variáveis selecionadas, 14 variáveis apresentaram EPP; enquanto que na A1_f, metade das variáveis (nesse caso, 16) não apresentaram padrão de

distribuição espacial. Na A2, foi observado EPP para a maioria das variáveis tanto no início quanto ao final do experimento. A aleatoriedade de atributos edáficos, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, pode estar relacionada à escala de amostragem utilizada, ou seja, o espaçamento entre pontos não permitiu a identificação de padrões de distribuição espacial, devendo utilizar uma distância menor a fim de caracterizar espacialmente tais atributos. Outros autores também observaram o EPP para variáveis nematológicas (CARDOSO et al., 2012; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2009; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010; ROBERTSON; FRECKMAN, 1995;), físicas (MONTANARI et al., 2013; CAVALCANTE et al., 2011; CEDDIA et al., 2009) e químicas (SILVA ET AL., 2010; SOUZA; MONTENEGRO; FREIRE, 2008; MENDES et al., 2007).

A razão entre o efeito pepita (C_0) e o patamar (C_0+C_1) expressa a proporção da variância que não pode ser descrita pela geoestatística, sendo chamada de grau de dependência espacial (GDE) por alguns autores. Segundo Isaaks e Srivastava (1989) alta precisão pode ser obtida pela krigagem para determinada variável se a mesma apresentar baixo valor de GDE e alto valor de alcance.

O total de nematoides foi a única variável nematológica da A1_i a apresentar forte grau de dependência espacial (GDE = 0,223), sendo todas as outras caracterizadas por moderado GDE. Em relação às propriedades físico-químicas, densidade do solo, carbono orgânico e Ca apresentaram forte GDE, 0,092, 0,168 e 0,140, respectivamente; as outras variáveis apresentaram moderado GDE.

Na A1_f, apenas Criconematidae, parasitos de planta e densidade do solo apresentam forte GDE; as outras variáveis apresentaram moderado GDE.

Na A2, os nematoides de vida livre apresentaram fraco GDE na segunda coleta, enquanto que fraco GDE foi observado para o teor de Argila nas duas campanhas de amostragem (Tabela 4). Os outros grupos taxonômicos de nematoides apresentaram moderado GDE em ambas as coletas e, dentre os atributos físico-químicos, o K foi o único a apresentar forte GDE na A2_f, ao passo que CE, Ca, Mg e Na na A2_i.

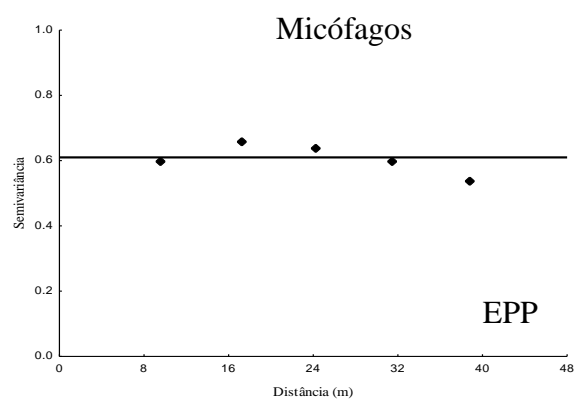
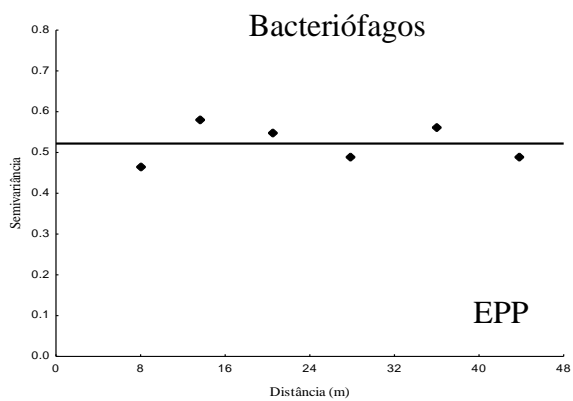
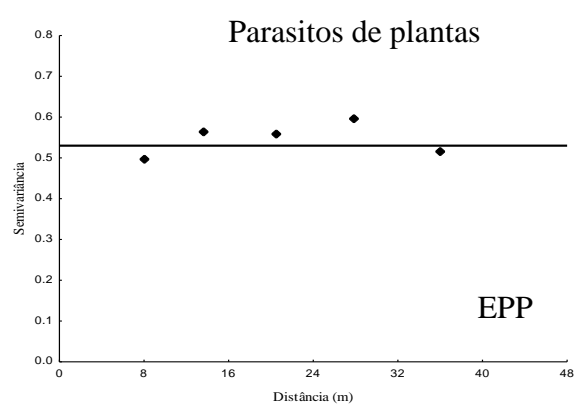
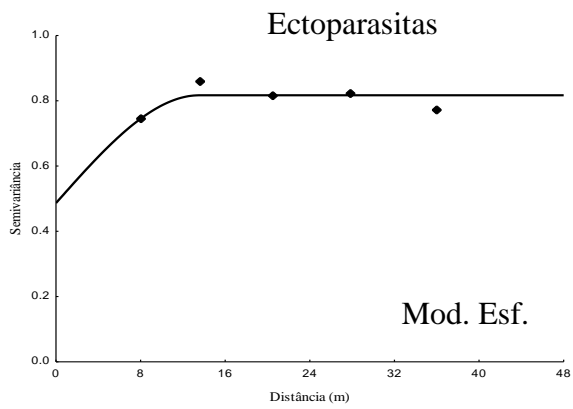
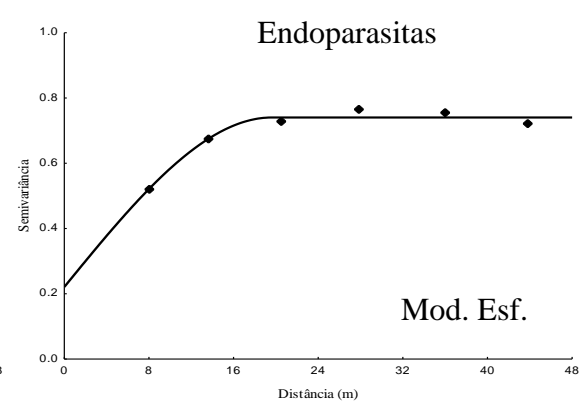
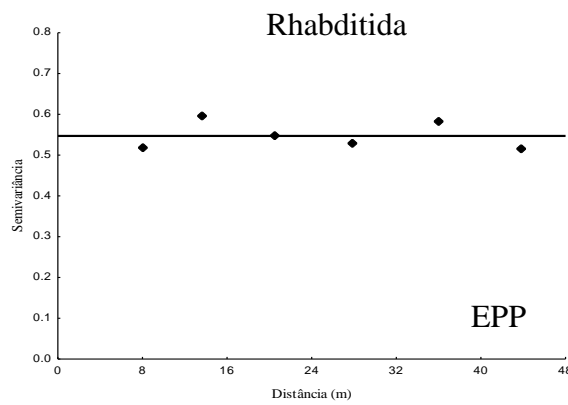
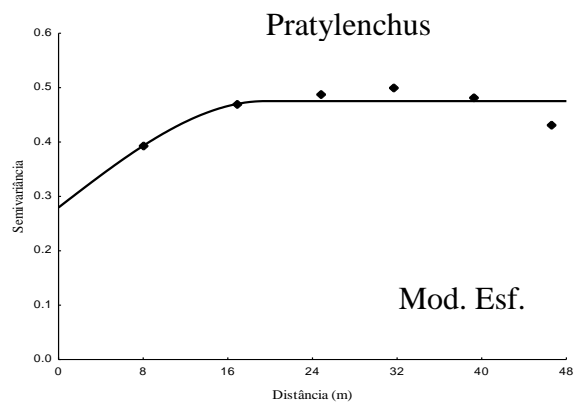
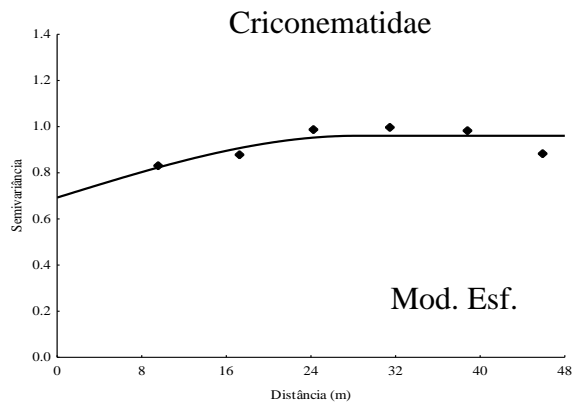
Segundo Cambardella et al. (1994), fortes dependências espaciais dos atributos do solo pode ser atribuída a fatores intrínsecos, como relevo ou material de origem, ao passo que fracas dependências devem-se a fatores extrínsecos, como padrões de cultivo, adubações ou calagens. Essa assertiva reflete o comportamento dos dados, onde o GDE dos atributos físicos e químicos do solo mudou de forte para moderado após a aplicação

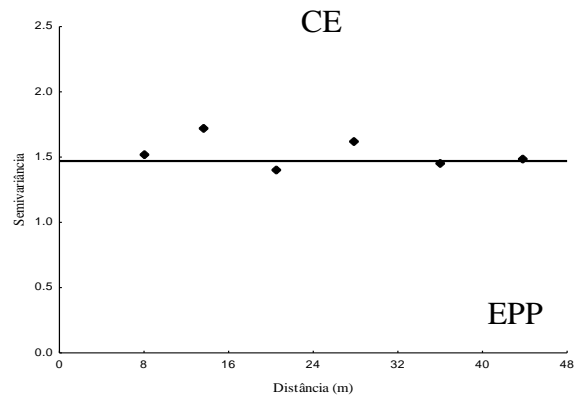
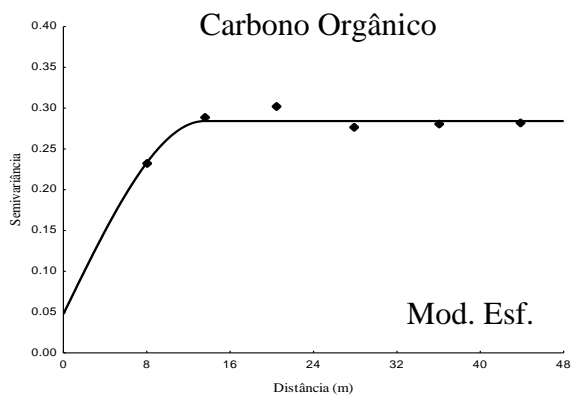
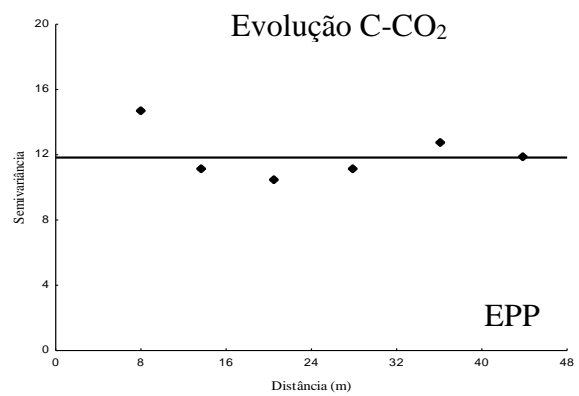
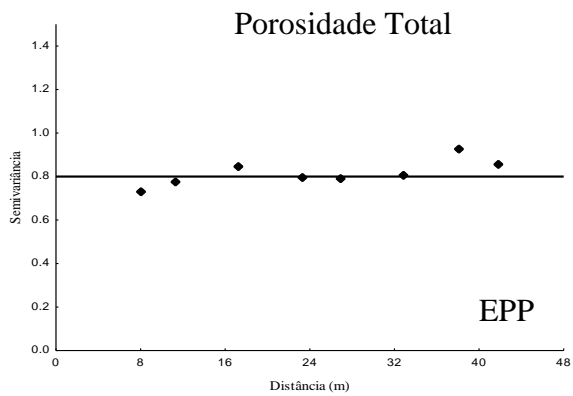
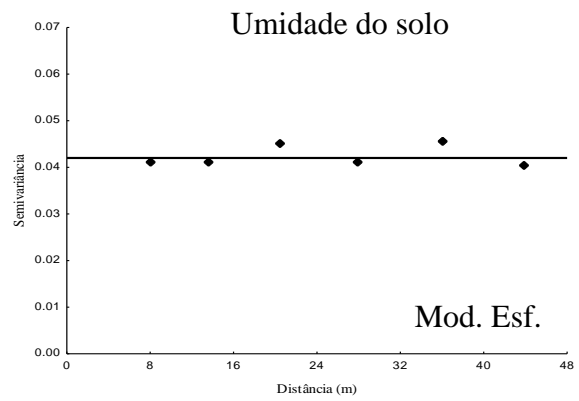
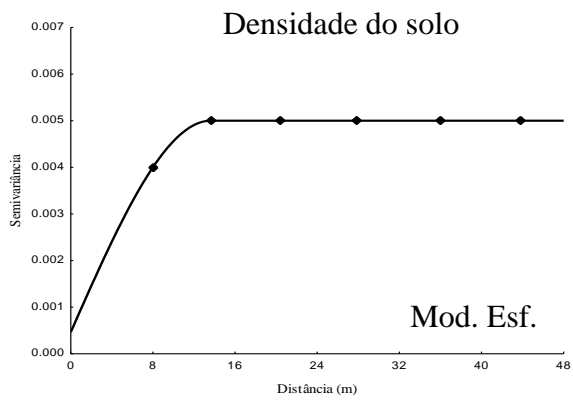
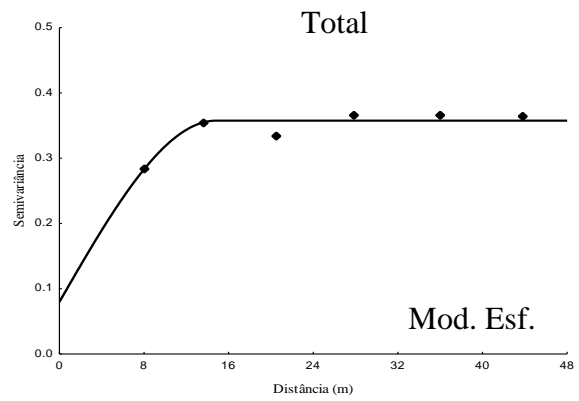
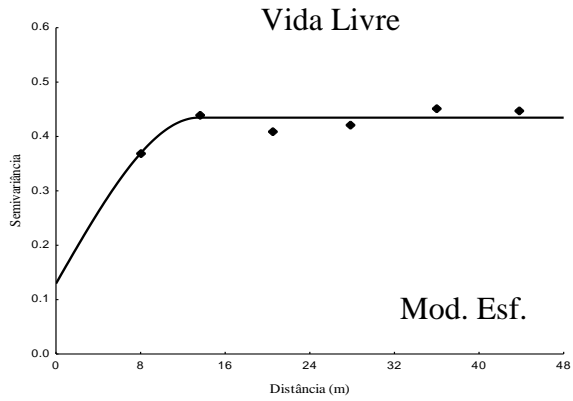
da torta de nim na A1; exceto para densidade do solo, porém o GDE (0,243) foi próximo ao limite inferior do GDE moderado.

Para as variáveis de crescimento do pimentão o GDE foi moderado em ambas as áreas para altura da planta, enquanto que o diâmetro do caule não apresentou dependência espacial. Silva et al. (2010) trabalhando com mamona observaram fraco GDE aos 16, 37 e 63 dias após a semeadura, obtendo moderado GDE aos 51 dias. Contrariamente ao presente estudo o diâmetro caulinar da mamona apresentou dependência espacial durante todo o período experimental, com GDE variando de fraco a moderado no início e ao final do experimento.

Alcance da dependência espacial e semivariogramas

Os semivariogramas teóricos para os atributos físicos, químicos e biológicos e variáveis de crescimento são apresentados nas Figuras 3-9. O gráfico do modelo efeito pepita puro, ajustado a maioria das variáveis, é representado por uma reta horizontal paralela ao eixo das abscissas, indicando que o alcance é nulo e que a interpolação dos dados não é possível devido a ausência de dependência espacial (SHAHBAZI et al., 2013). As variáveis que apresentaram dependência espacial foram ajustadas aos modelos esférico, gaussiano ou exponencial (Tabelas 3 e 4).





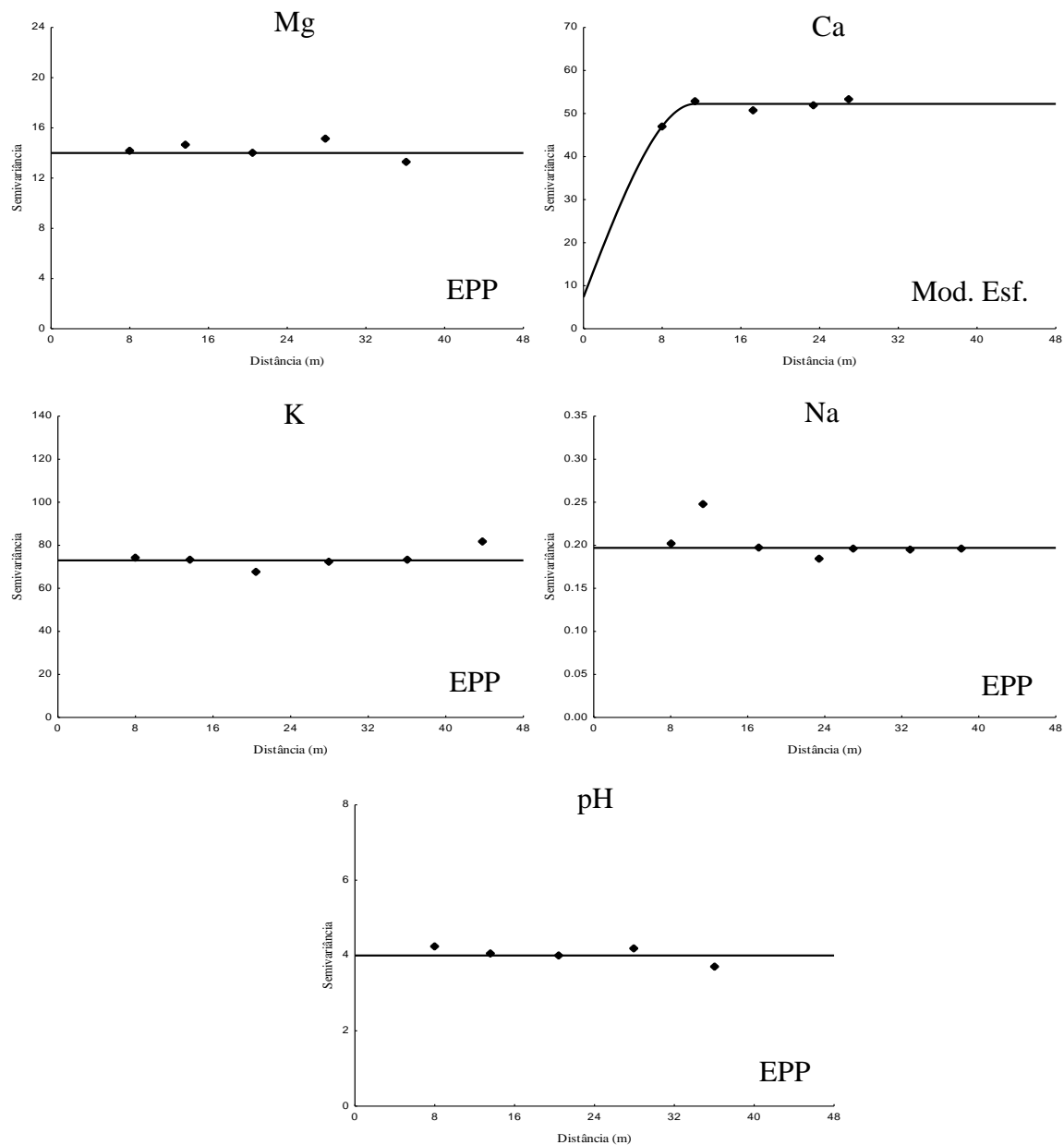
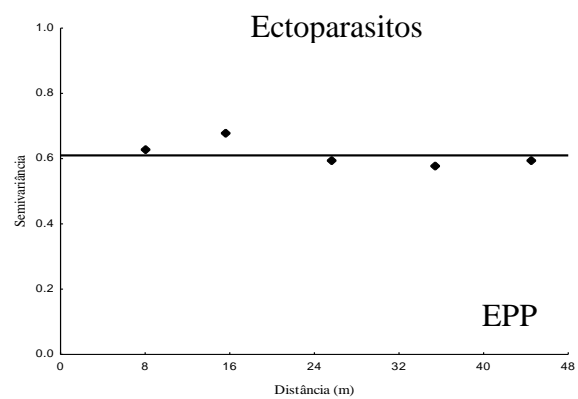
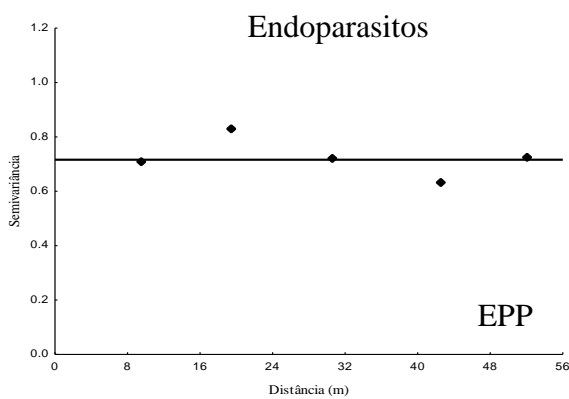
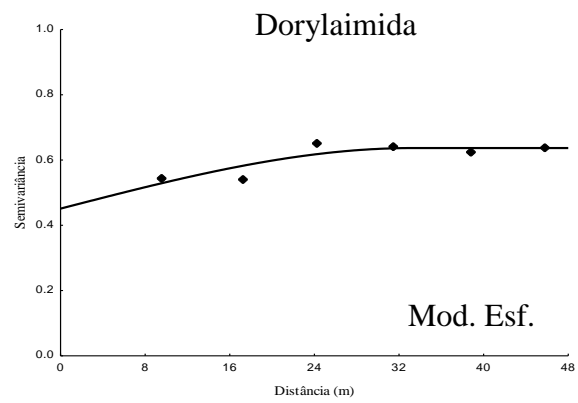
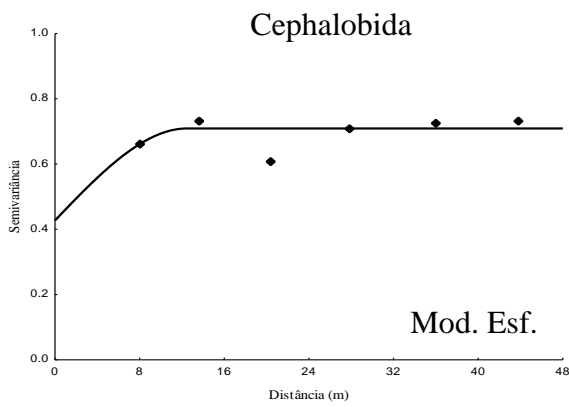
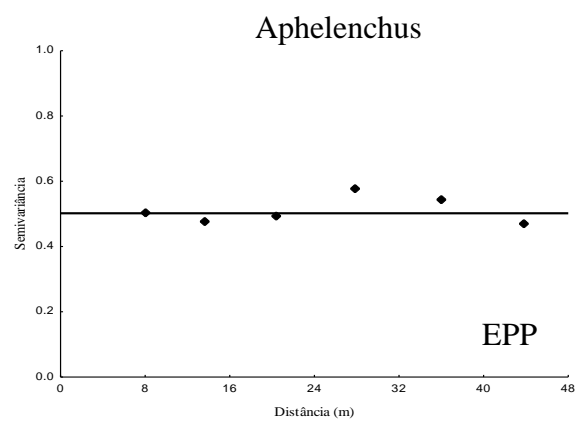
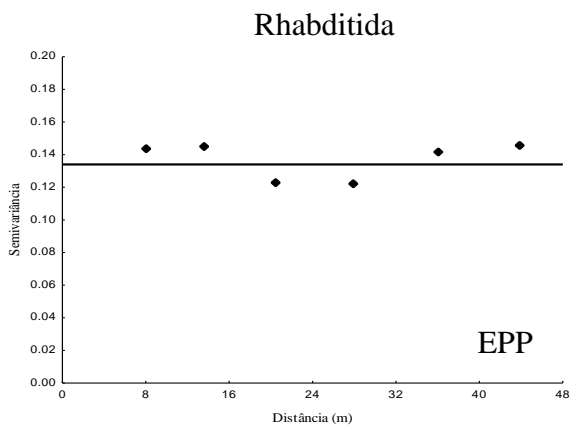
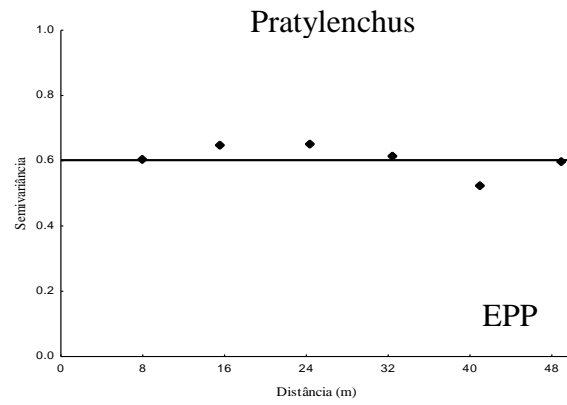
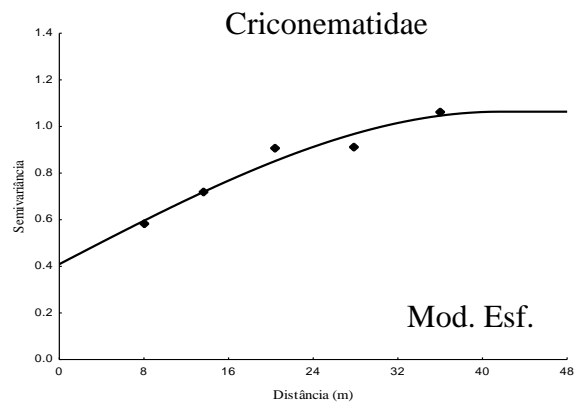
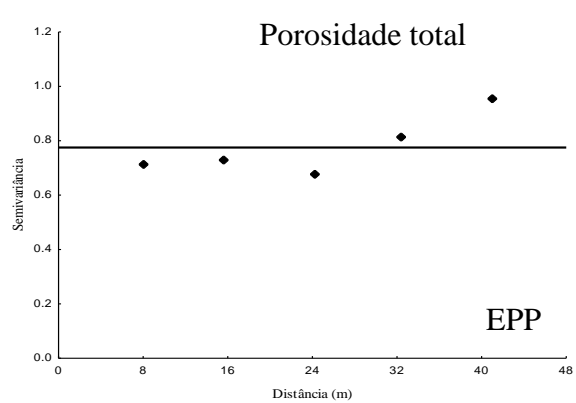
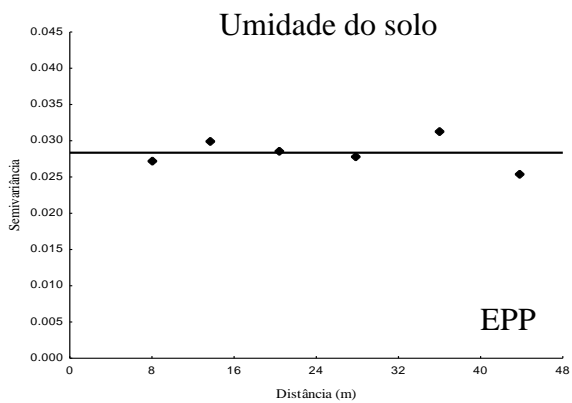
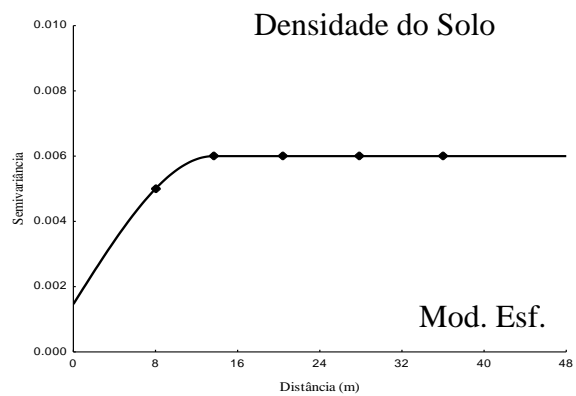
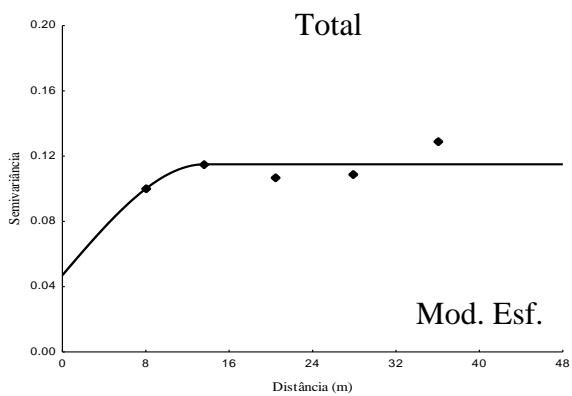
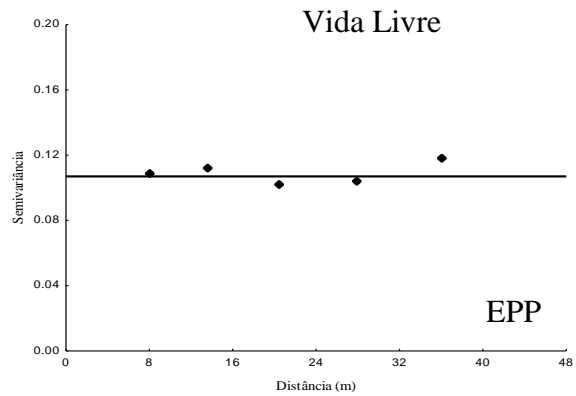
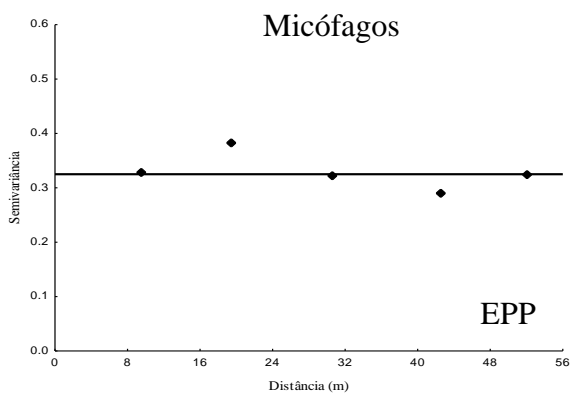
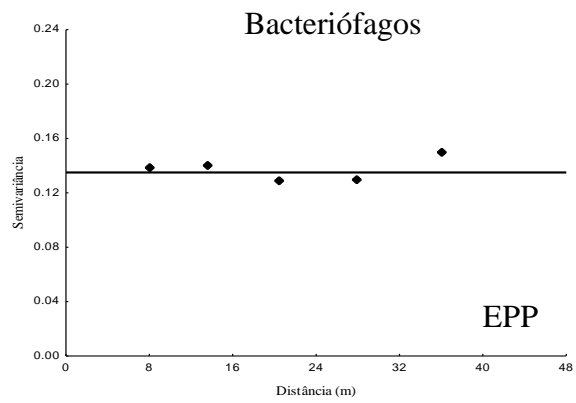
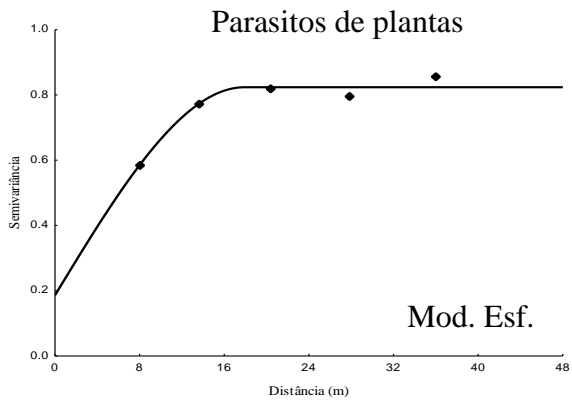


Figura 3. Semivariogramas experimentais para atributos biológicos, físicos e químicos da Área 1 aos 7 dias após o transplante do pimentão. Mod. esf. – Modelo Esférico; EPP – Efeito pepita puro.





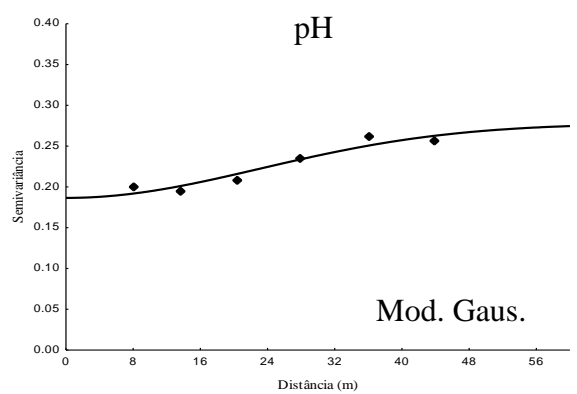
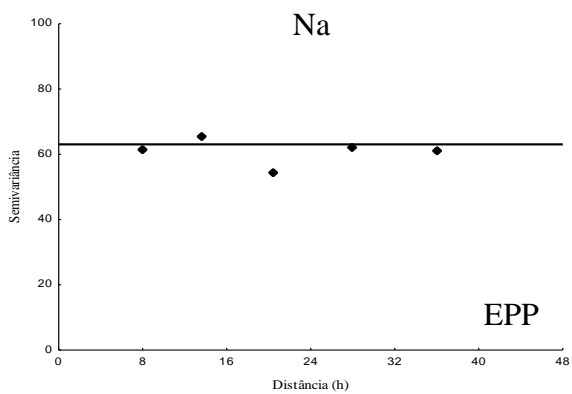
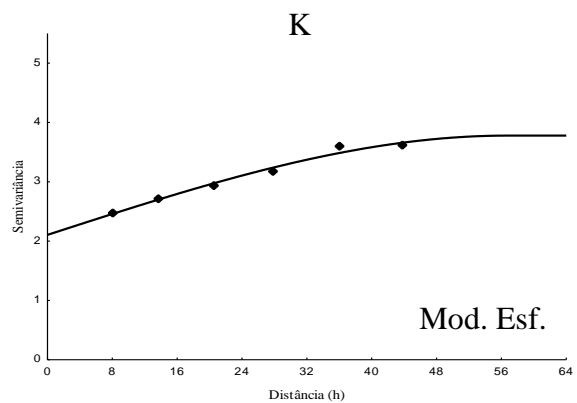
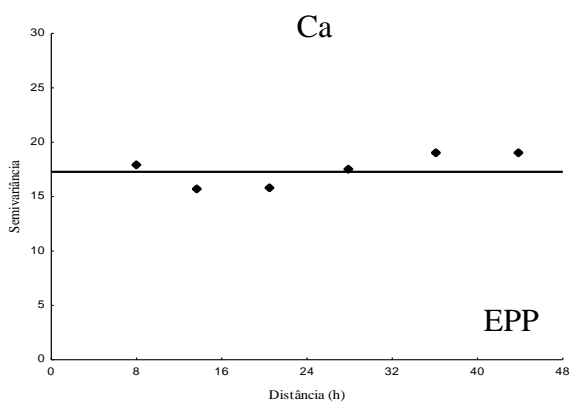
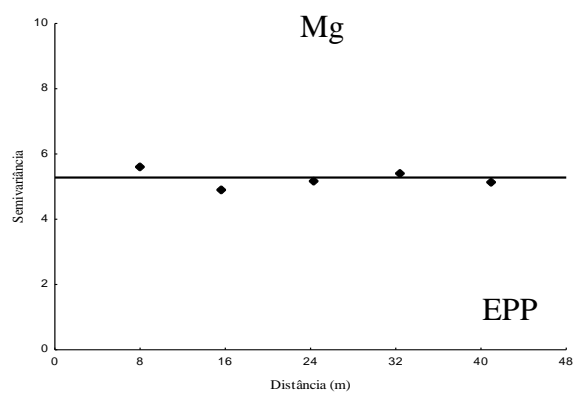
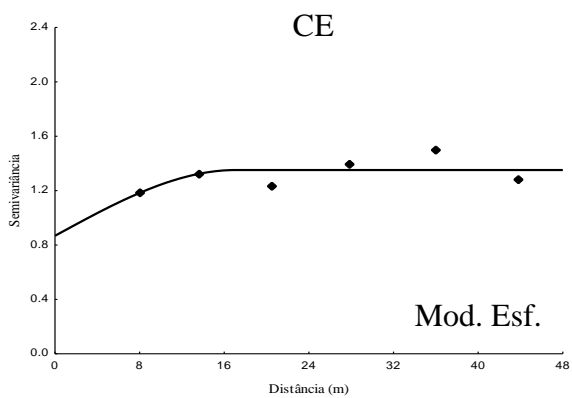
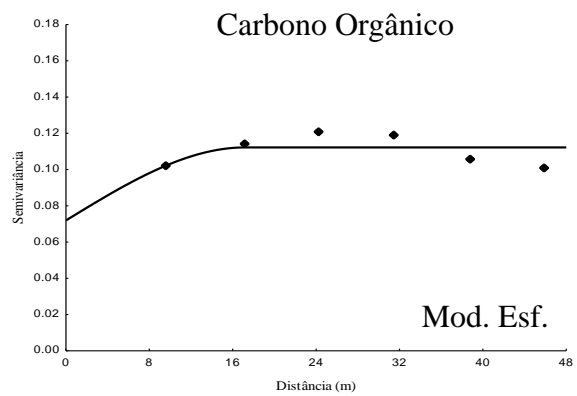
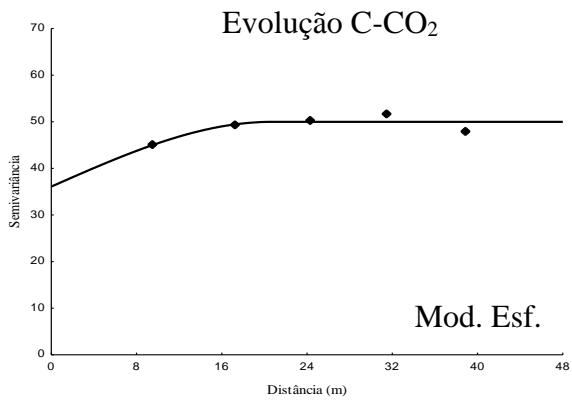


Figura 4. Semivariogramas experimentais para atributos biológicos, físicos e químicos da Área 1 aos 68 dias após o transplante do pimentão. EPP – Efeito pepita puro; Mod. Esf. – Modelo Esférico; Mod. Gaus. – Modelo Gaussiano.

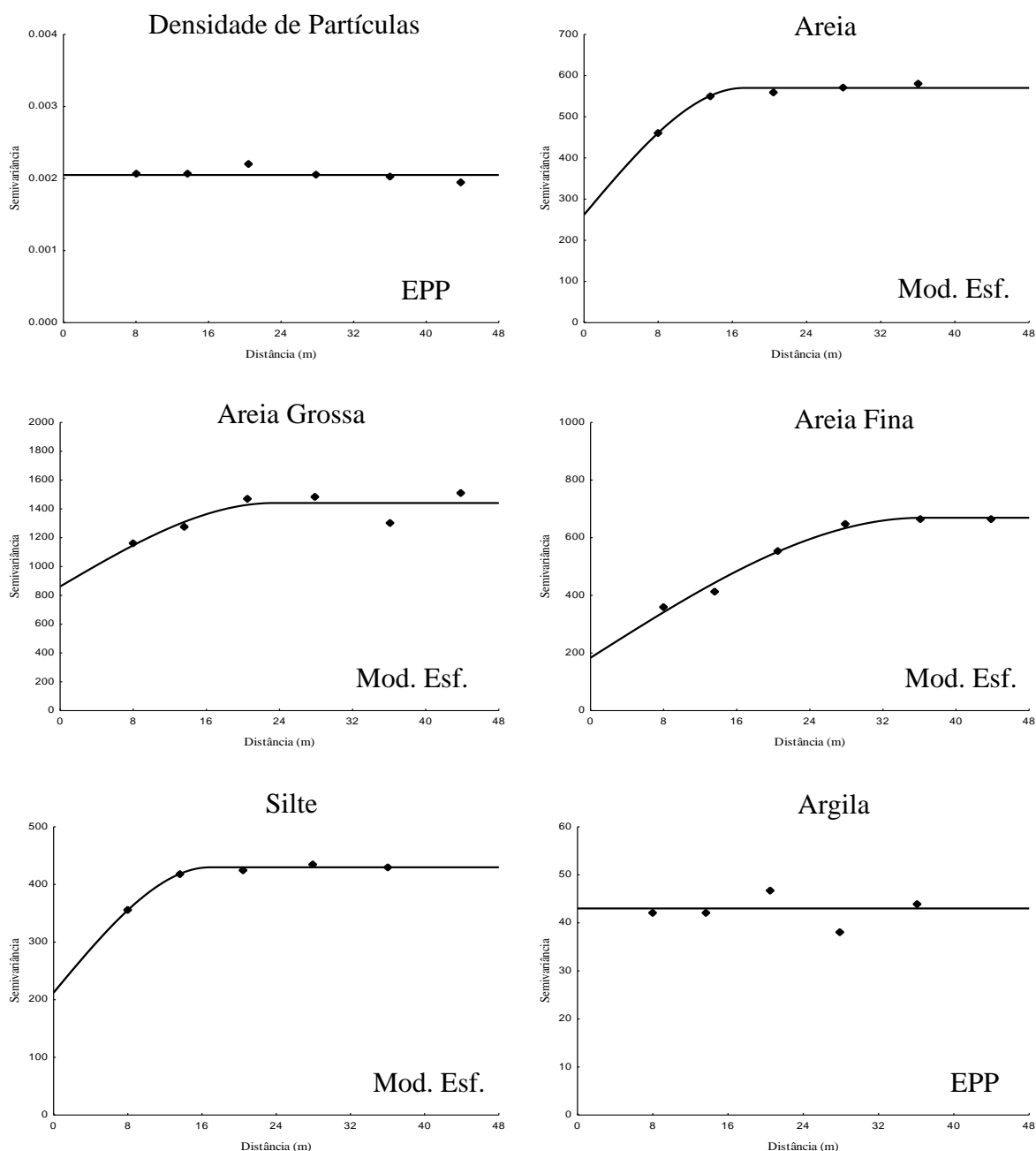
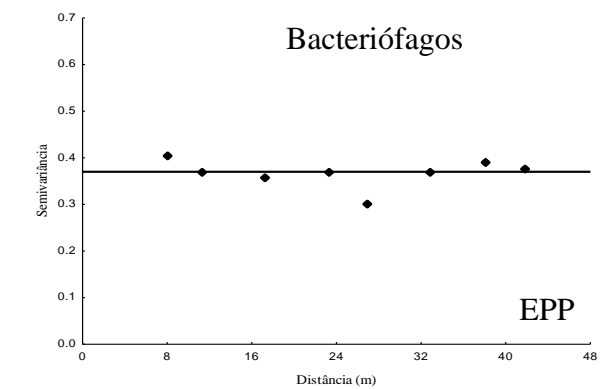
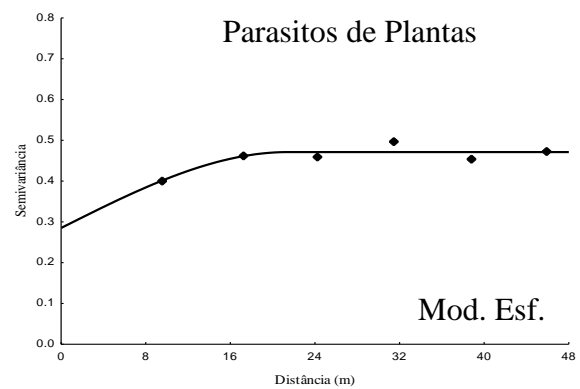
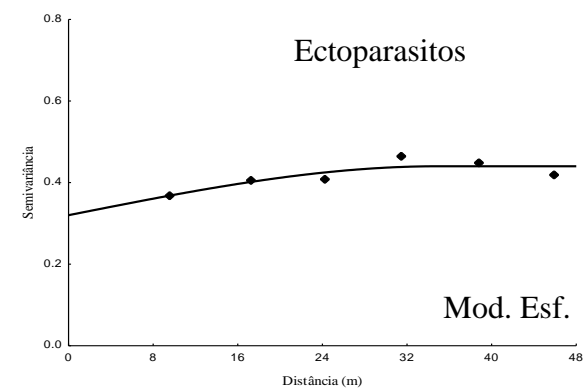
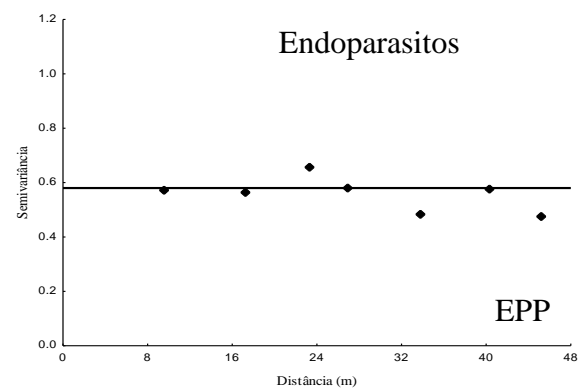
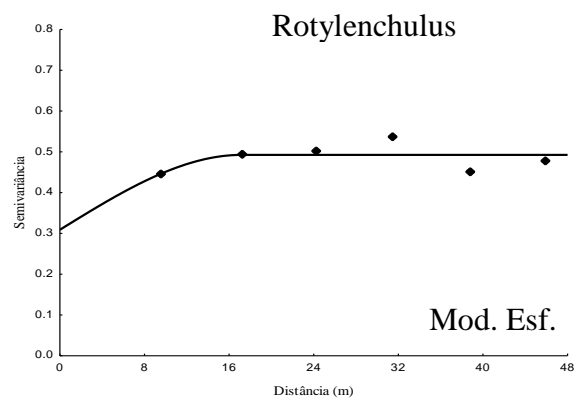
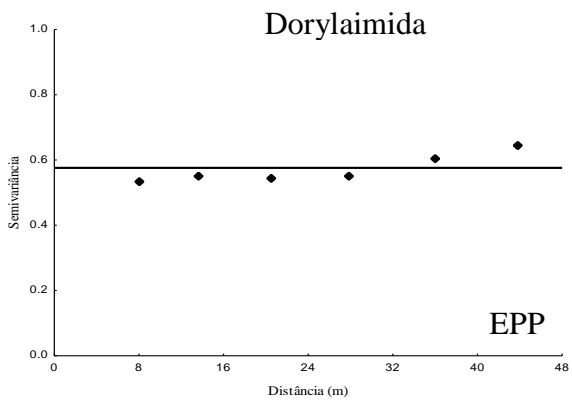
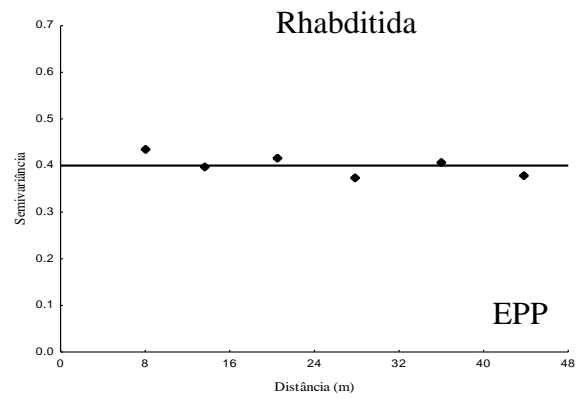
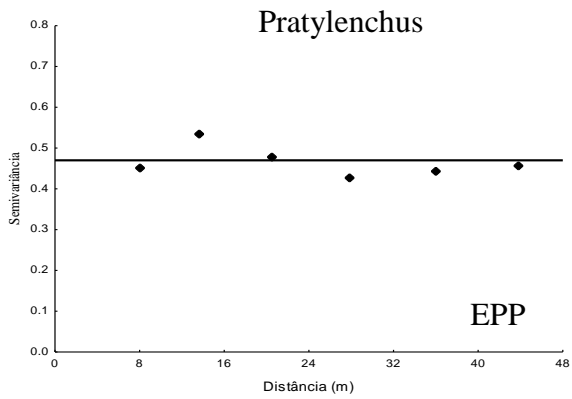
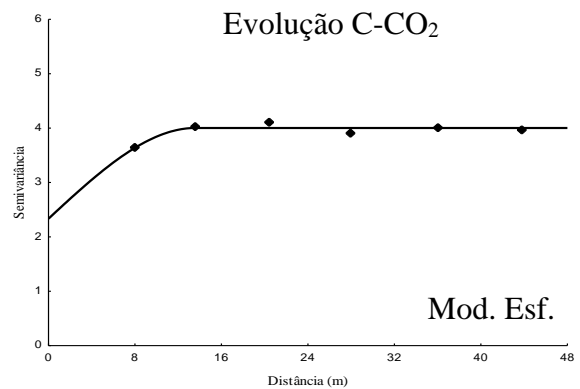
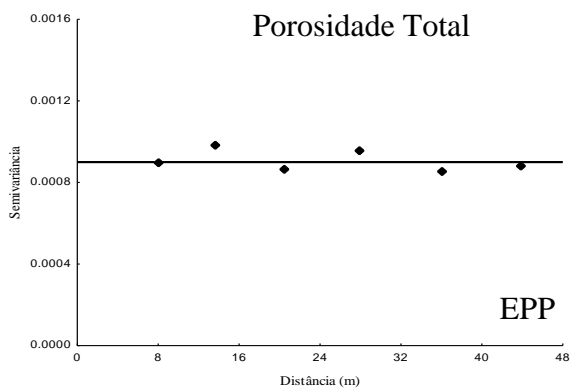
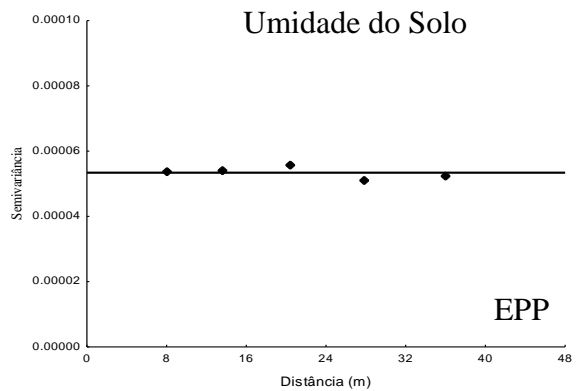
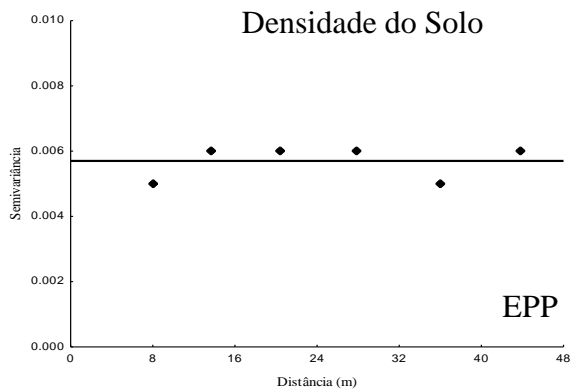
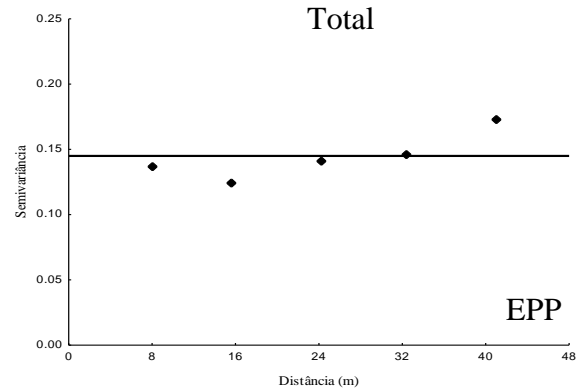
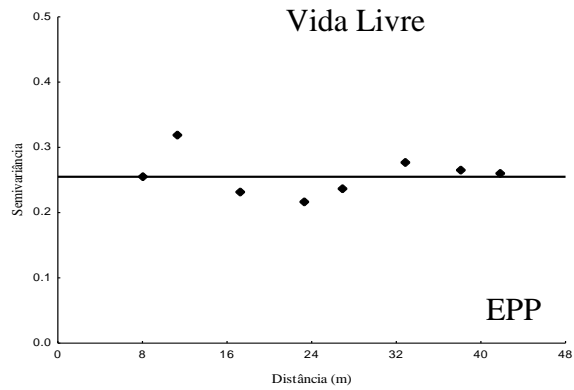
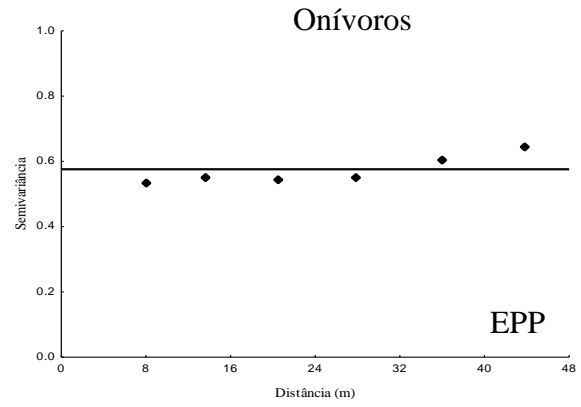
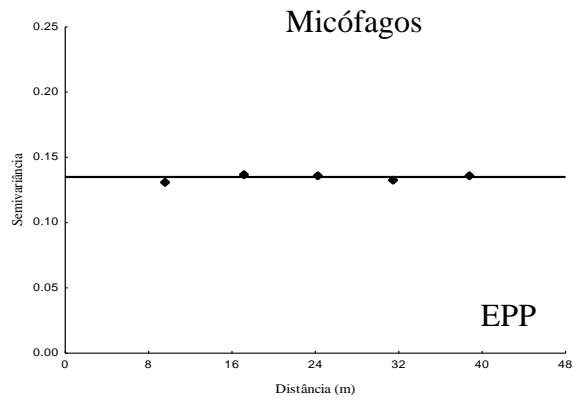


Figura 5. Semivariogramas experimentais para Densidade de partículas (DP) e granulometria (Areia, Areia grossa (AG), Areia fina (AF), Silte e Argila) da Área 1 em ambos períodos de amostragem.





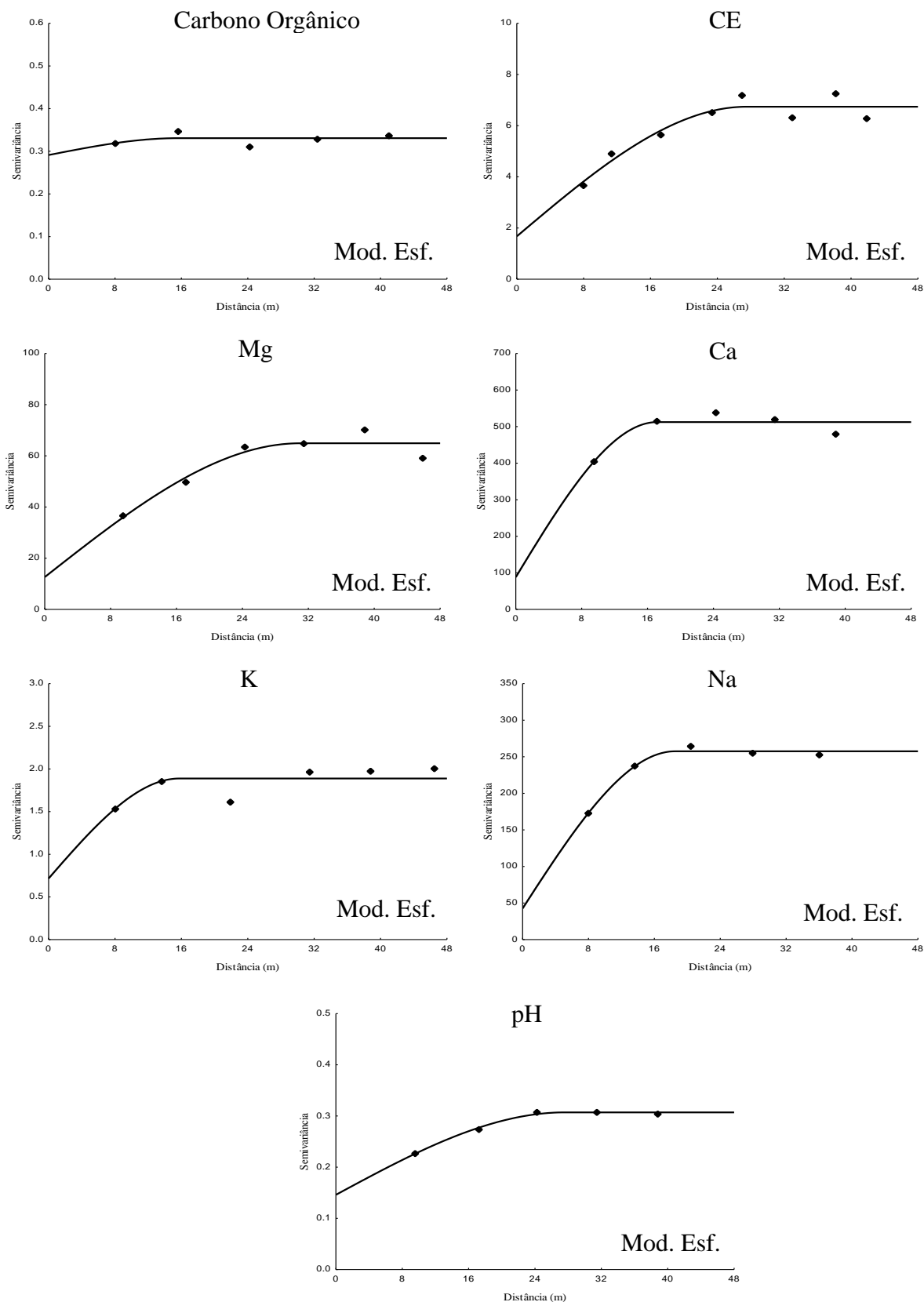
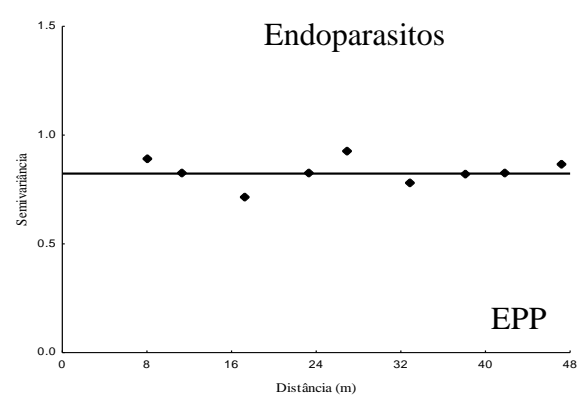
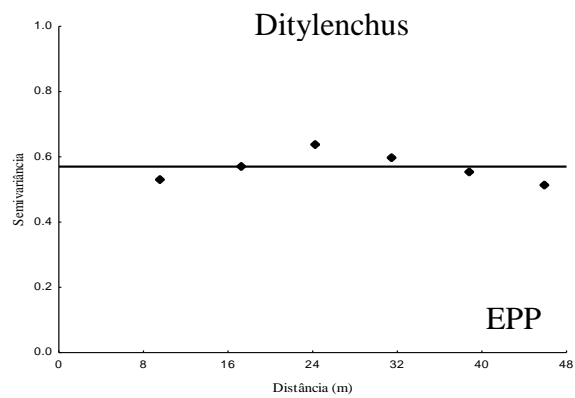
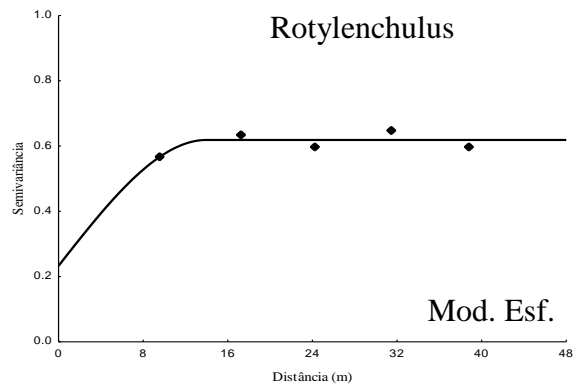
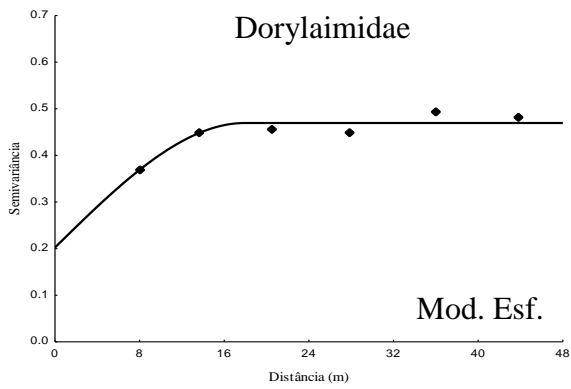
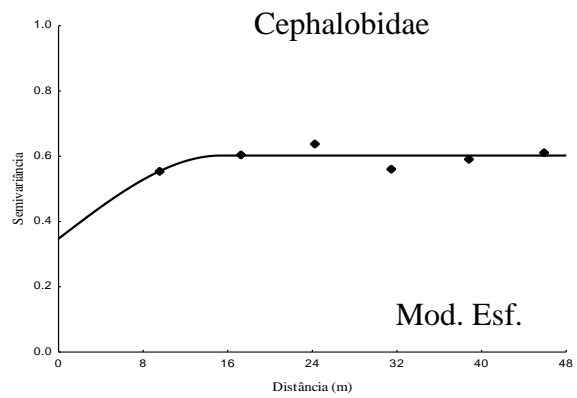
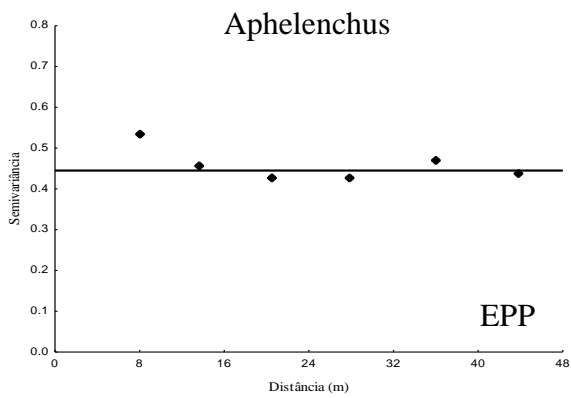
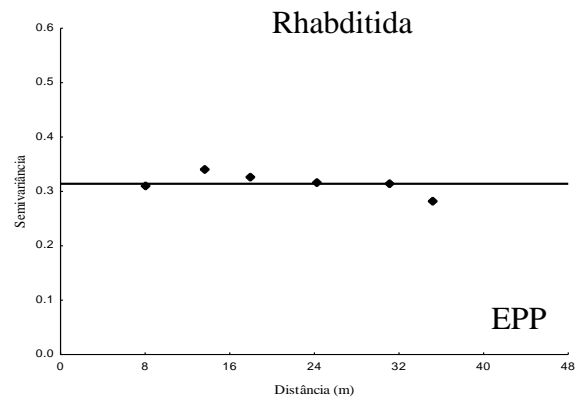
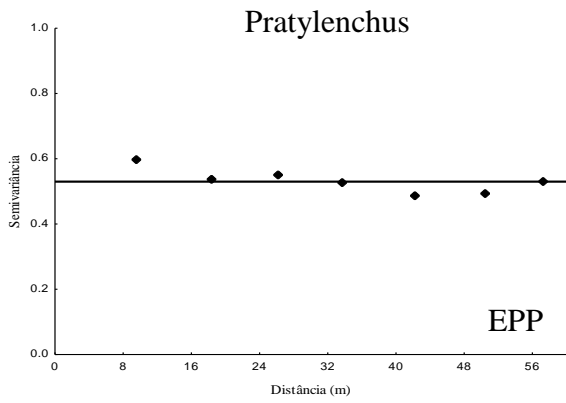
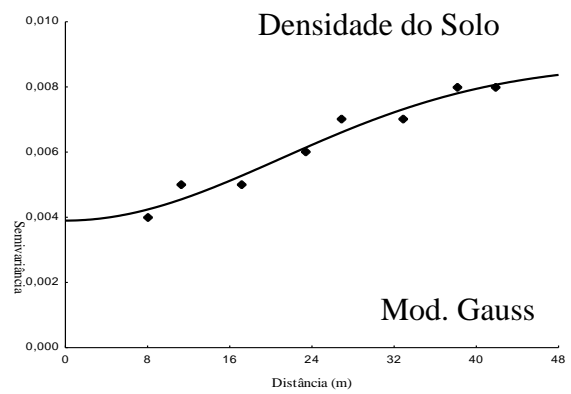
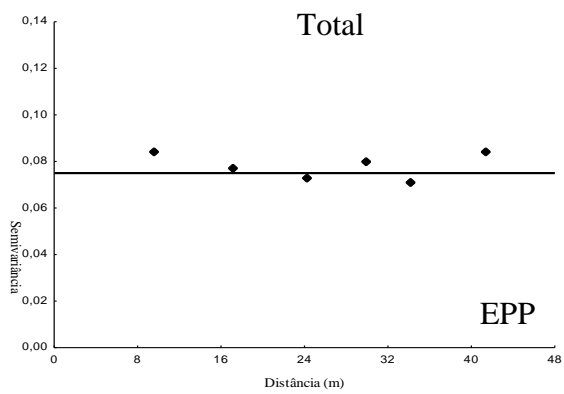
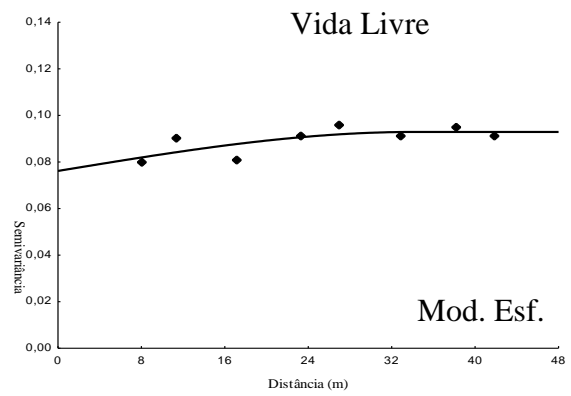
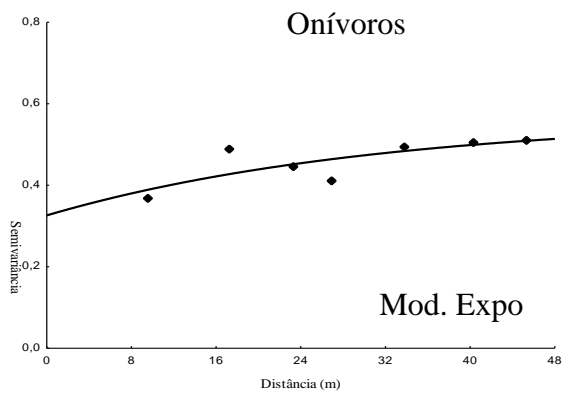
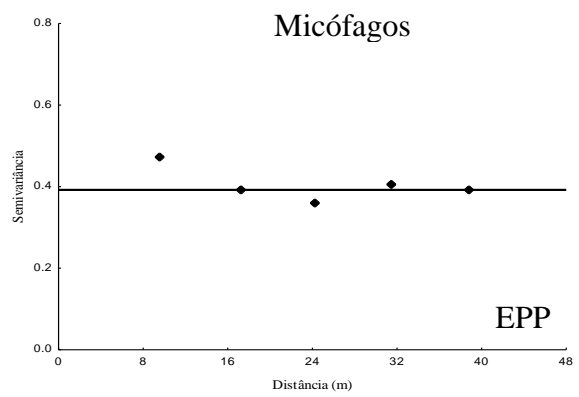
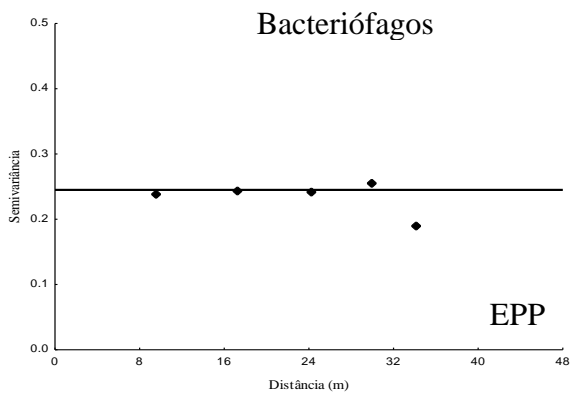
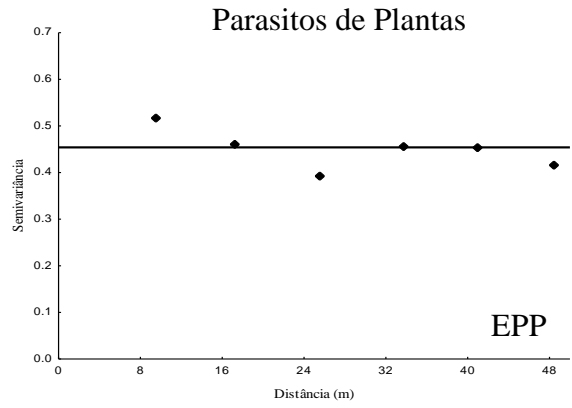
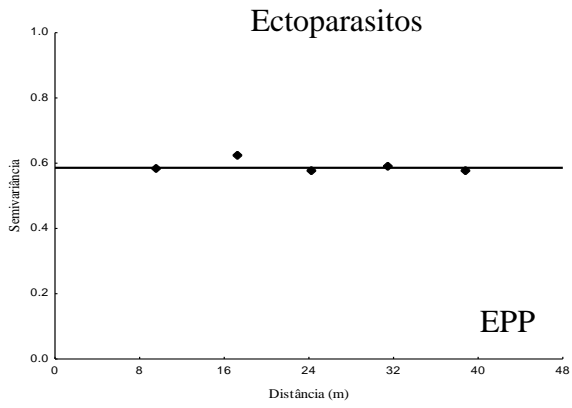
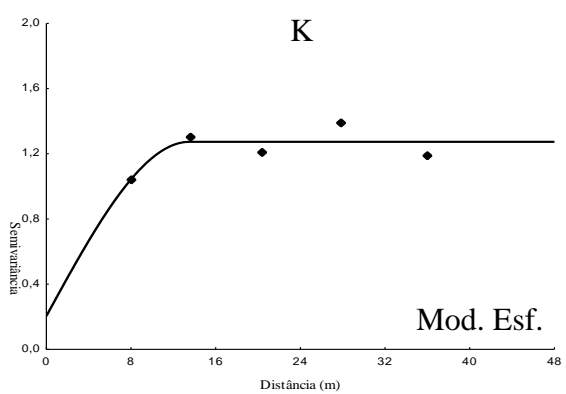
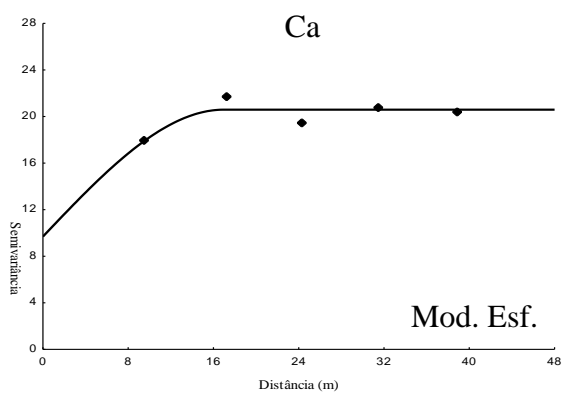
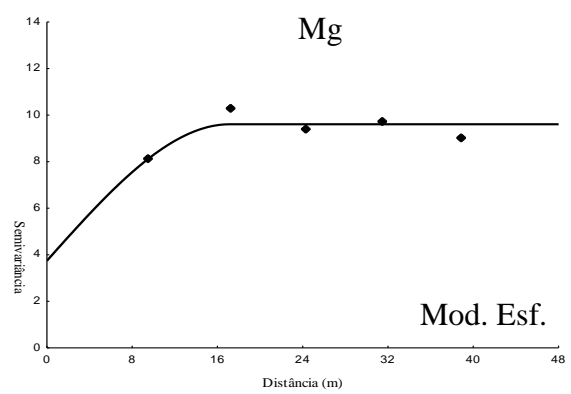
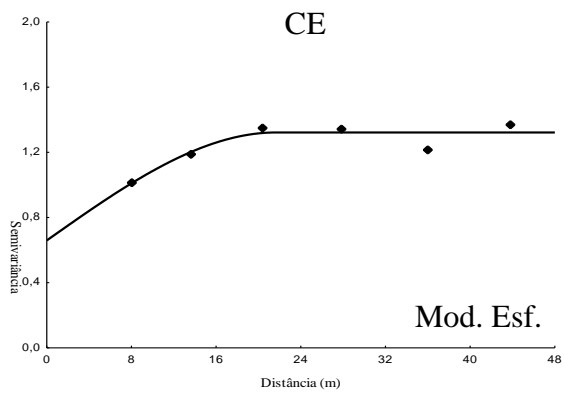
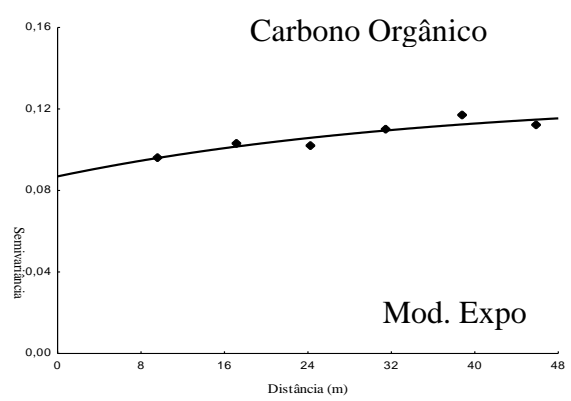
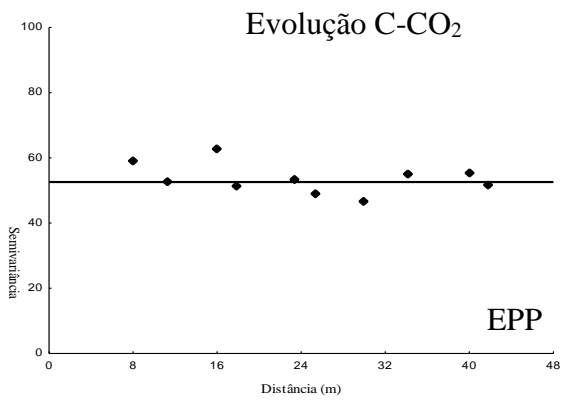
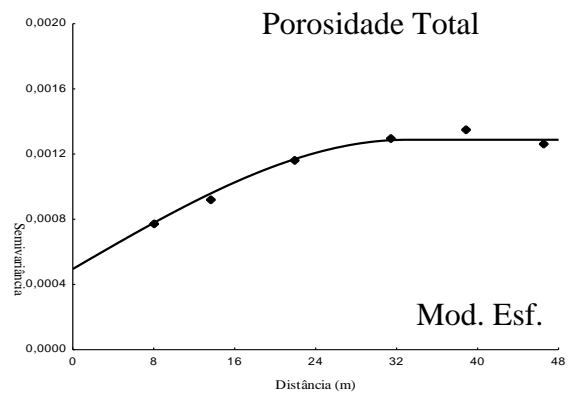
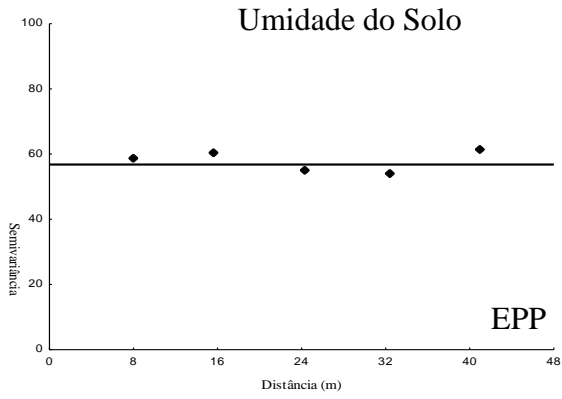


Figura 6. Semivariogramas experimentais para atributos biológicos, físicos e químicos da Área 2 aos 7 dias após o transplante do pimentão. EPP – Efeito pepita puro; Mod. Esf. – Modelo Esférico.







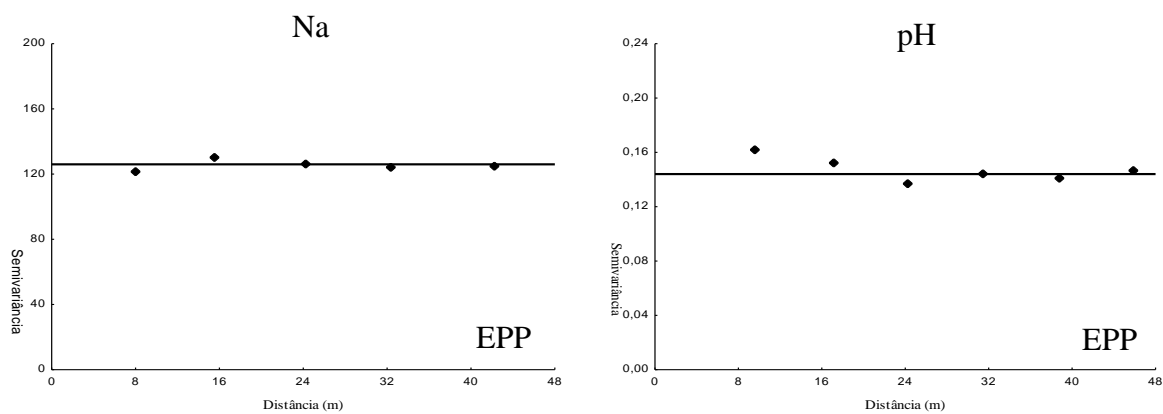
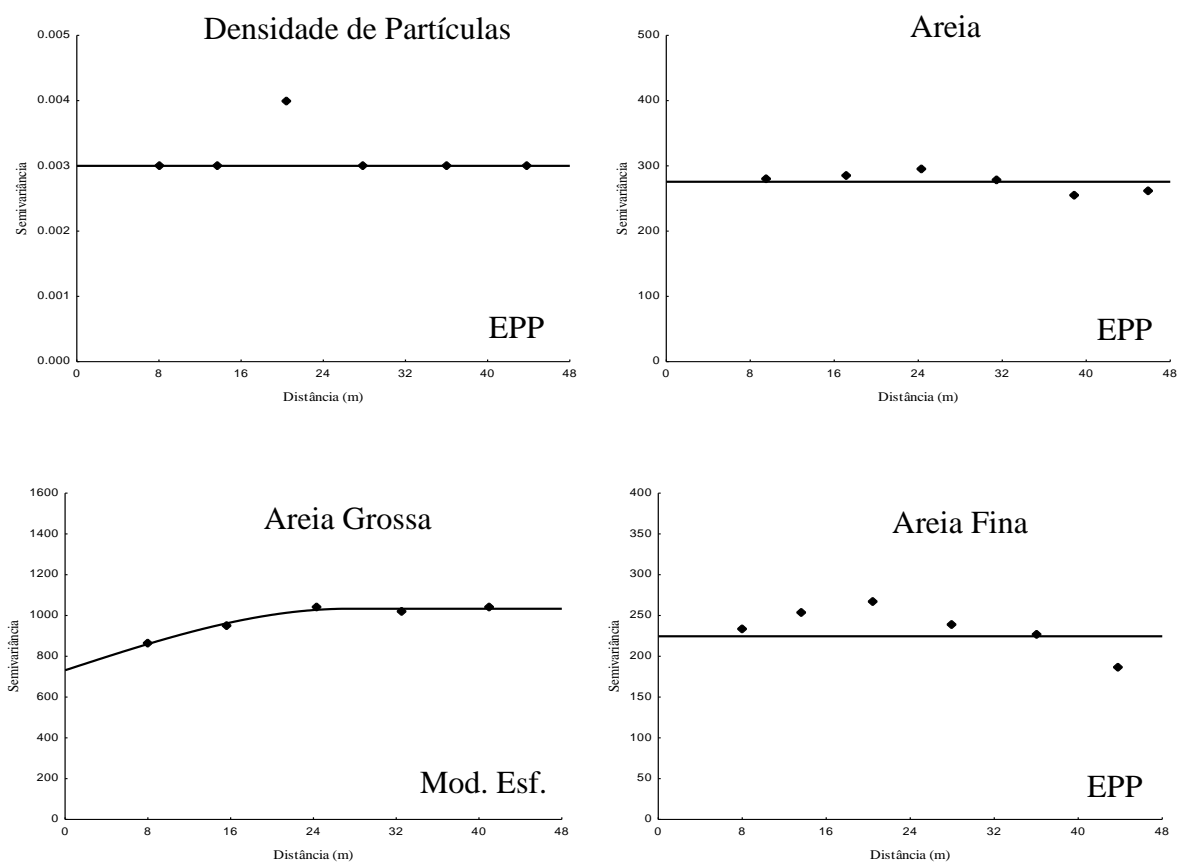


Figura 7. Semivariogramas experimentais para atributos físicos, químicos e biológicos da Área 2 aos 68 dias após o transplante do pimentão. EPP – Efeito pepita puro; Mod. Esf. – Modelo Esférico; Mod. Gauss. – Modelo Gaussiano; Mod. Expo. – Modelo Exponencial.



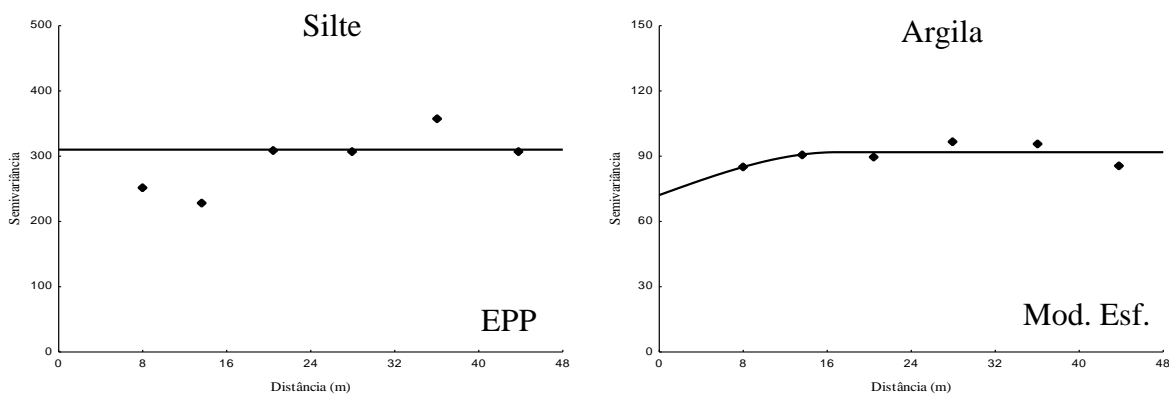


Figura 8. Semivariogramas experimentais para Densidade de partículas e granulometria (Areia, Areia grossa (AG), Areia fina (AF), Silte e Argila) da Área 2 em ambos períodos de amostragem.

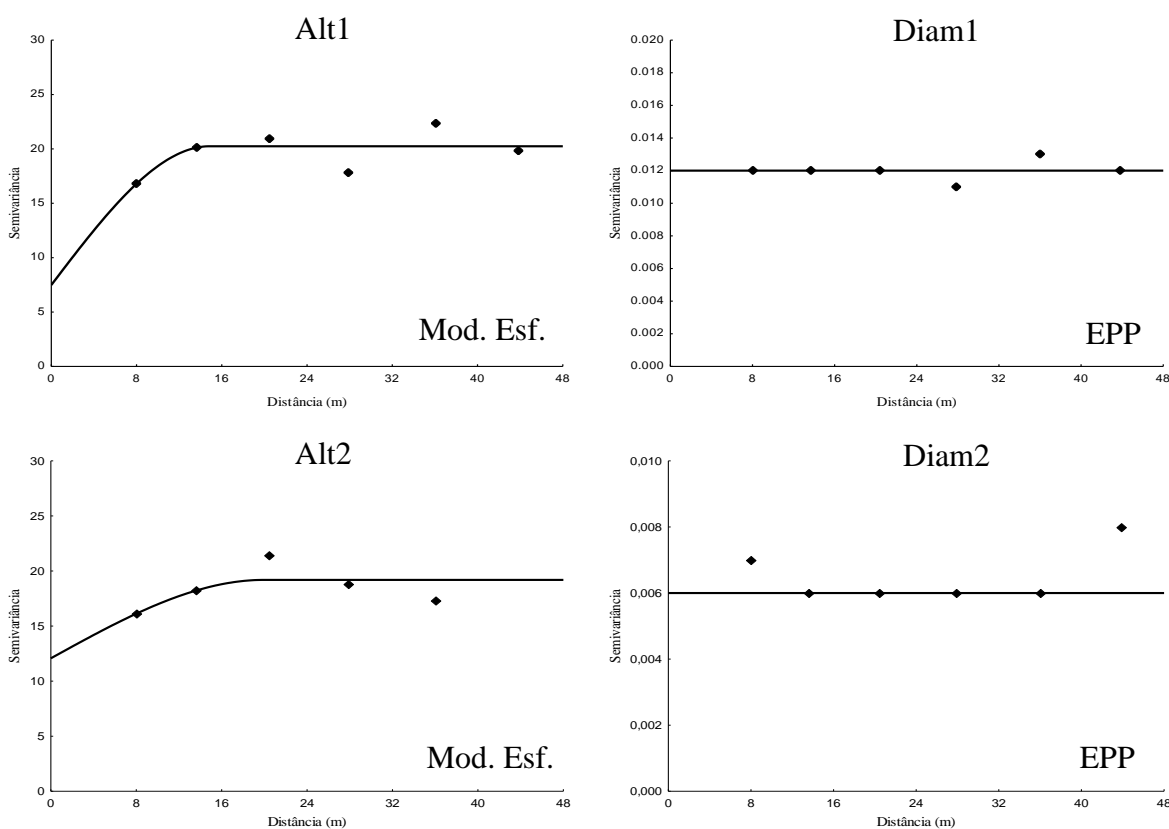


Figura 9. Semivariogramas experimentais para as variáveis de crescimento da cultura. A e C) Altura da planta e B) e D) Diâmetro do caule nas Áreas 1 e 2, respectivamente.

O alcance expressa a distância máxima até a qual os dados são dependentes espacialmente, ou seja, indica a zona de influência de uma amostra, por isso é um parâmetro importante para indicar dependência espacial (Santos et al., 2012). A independência dos dados é observada em distâncias maiores que o alcance, sendo considerado o valor mínimo para aplicação da estatística clássica aos dados (Mendes et al., 2007).

Para os grupos tróficos de nematoides na A1_i, o alcance variou de 13,563 a 28,340 m para Ectoparasitas e Criconematidae, respectivamente; na A1_f, Criconematidae apresentou menor alcance (11,209 m) enquanto que Dorylaimida o maior (33,271 m). O gênero *Rotylenchulus* apresentou o menor alcance na A2 em ambas as coletas (17,193 e 14 m); os maiores alcances foram observados para Ectoparasitas (34,957 m, na primeira coleta) e para nematoides de vida livre (34,151 m, na segunda coleta).

Cardoso et al. (2012) observaram dependência espacial apenas para Ectoparasitas e nematoides de vida livre em áreas remanescente de Mata Atlântica. Os alcances desses grupos tróficos foram maiores quando comparados com a A1 e menores que os da A2, mesmo com distância entre pontos de 10 m. Ao passo que Hua, Jiang e Liang (2008), trabalhando com 49 pontos, espaçados de 2 em 2 m, encontraram menor alcance para o número total de nematoides e maior para parasitos de planta em solo descoberto.

Para as propriedades físico-químicas do solo na A1_i, o alcance variou de 11,313 a 36,273 m para Cálcio e Areia Fina, respectivamente; na A1_f, Densidade do solo apresentou menor alcance (13,624 m) enquanto que Potássio o maior (56,671 m). Na A2, os menores valores de alcance foram observados para CCO₂ (13,591 m) e K (13,504 m) no início e ao final do experimento, respectivamente; os teores de Mg e CO apresentaram os maiores alcances, variando de 30,989 a 36,256, na primeira e segunda coletas, respectivamente.

Parfitt et al. (2009) trabalhando em área de várzea sob cultivo de arroz em Planossolo e Gleissolo háplicos, observaram alcances maiores para propriedades físico-químicas em relação aos do presente trabalho, com excessão de pH e K. Possíveis explicações para essas diferenças são a maior quantidade de pontos amostrados (100) e um maior espaçamento entre pontos (10m). Silva et al. (2010) observaram menores valores de alcance para as frações granulométricas e maior alcance para Na⁺, trabalhando com Neossolo flúvico sob cultivo de mamona no semi-árido

Pernambucano. Esses autores utilizaram malhas de amostragem diferentes para as frações granulométricas (6 x 3 m) e para Na^+ (6 x 6 m), possivelmente explicando as diferenças entre os trabalhos.

Dentre as variáveis de crescimento da cultura, a altura da planta apresentou alcances variando de 14,858 a 19,967 m, para A1 e A2, respectivamente. Silva et al. (2010) encontraram alcances muito inferiores ao do presente trabalho desde os 16 até os 97 dias após semeadura da mamona, e a partir desta data os alcances foram muito superiores.

Mapeamento das áreas

Foram confeccionados mapas de isolinhas (Figuras 10-16), produzidos através de interpolação utilizando-se a krigagem ordinária. As linhas próximas caracterizam regiões com maior variabilidade, ao passo que a presença de linhas espaçadas é condição de uma menor variabilidade.

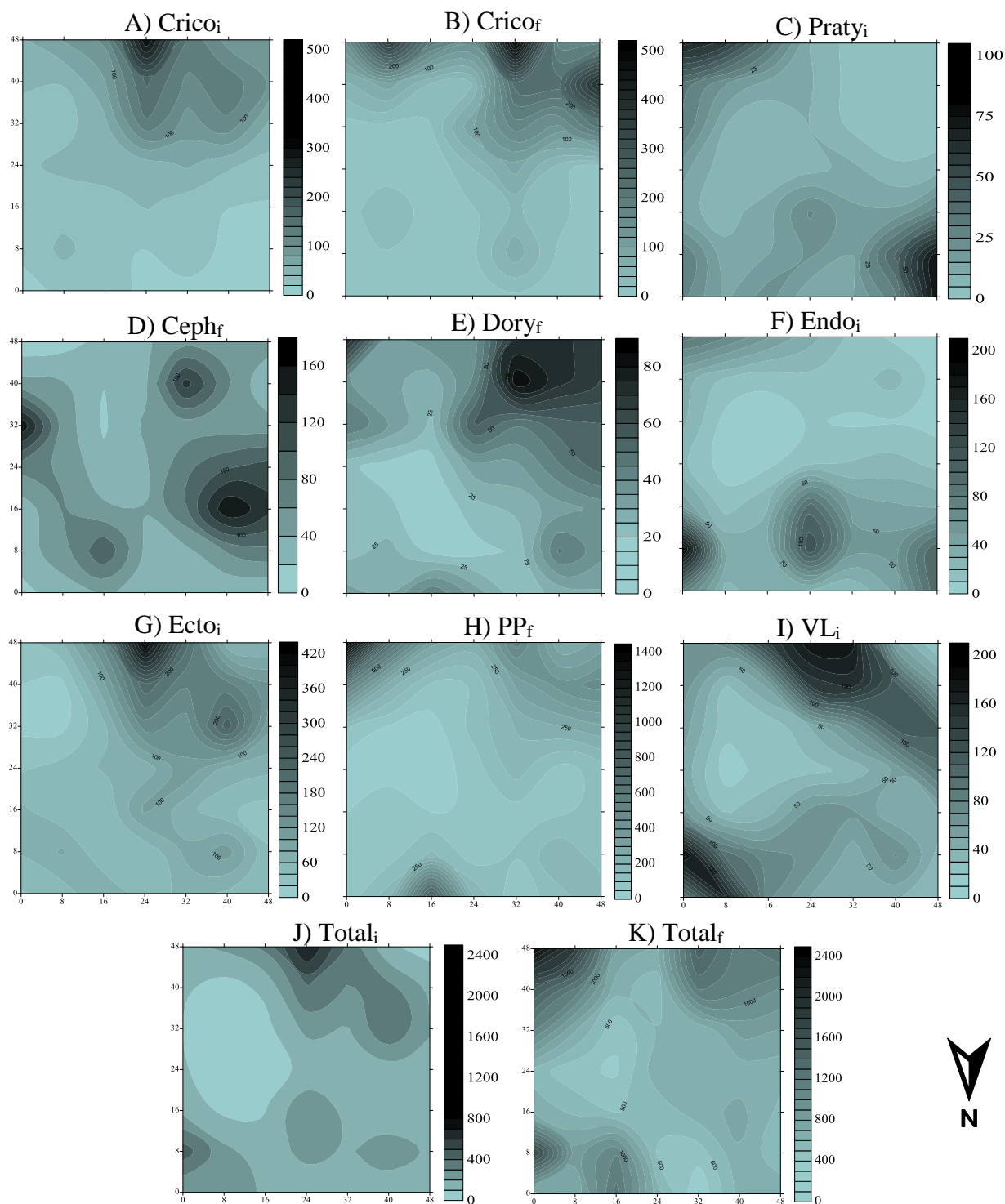


Figura 10. Mapas de isolinhas para os diferentes grupos taxonômicos de nematoides na A1 aos 7 e 68 dias após o transplante (DAT) do pimentão. A e B) Criconematidae aos 7 e 68 DAT, C) Pratylenchus aos 7 DAT, D) Cephalobidae aos 68 DAT, E) Dorylaimida aos 68 DAT, F) Endoparasitas aos 7 DAT, G) Ectoparasitas aos 7 DAT, H) Parasitos de planta aos 68 DAT, I) Vida livre aos 7 DAT, J e K) Total de nematoides aos 7 e 68 DAT.

Os mapas de isolinhas dos Criconematidae (Figuras 10A e 10B) indicam que eles ocuparam as mesmas regiões no mapa, ocorrendo maiores densidades na parte sul da área. Contudo após a aplicação da torta de nim, a variabilidade nessa região aumentou, indicando possível movimentação dessa família em direção à parte norte da área.

Comparando os mapas de Criconematidae (Figuras 10A) com os de ectoparasitos (Figura 10G), aos 7 dias após o transplântio do pimentão, observa-se comportamento similar, pois essa família faz parte do desse grupo trófico. Comportamento semelhante é apresentado entre *Pratylenchus* (Figura 10C) e endoparasitos (Figura 10F), também aos 7 dias após o transplântio. Fato que também é observado entre os mapas de nematoides totais (Figuras 10J e 10K) e os mapas correspondentes aos grupos tróficos na mesma época de amostragem. A similaridade entre os mapas de gêneros ou famílias e seus respectivos grupos tróficos também foi observada por outros autores (HUA; JIANG; LIANG, 2008; LIANG et al., 2005).

De acordo com os mapas das propriedades físicas (Figura 11), pode-se inferir que a incorporação da torta de nim diminuiu as densidades do solo na maior parte da área, visto que, após a sua aplicação, as manchas escuras (maiores valores), localizadas na região sudoeste da área, apresentaram-se mais claras (menores valores). Isso se deve provavelmente à melhoria da estrutura do solo proporcionada pela adição de matéria orgânica (AKHTAR; MALIK, 2000).

É sabido que as frações granulométricas apresentam comportamento inverso, ou seja, regiões com maior porcentagem de frações grosseiras (areia, areia grossa e areia fina) possuem menores porcentagens de frações finas (silte e argila) (CAJAZEIRAS; ASSIS JÚNIOR, 2011; AMARO FILHO et al., 2007; VIEIRA; MELLO; LIMA, 2007). Os mapas das frações primárias (Figuras 11C, 11D, 11E e 11F) condizem com essa assertiva.

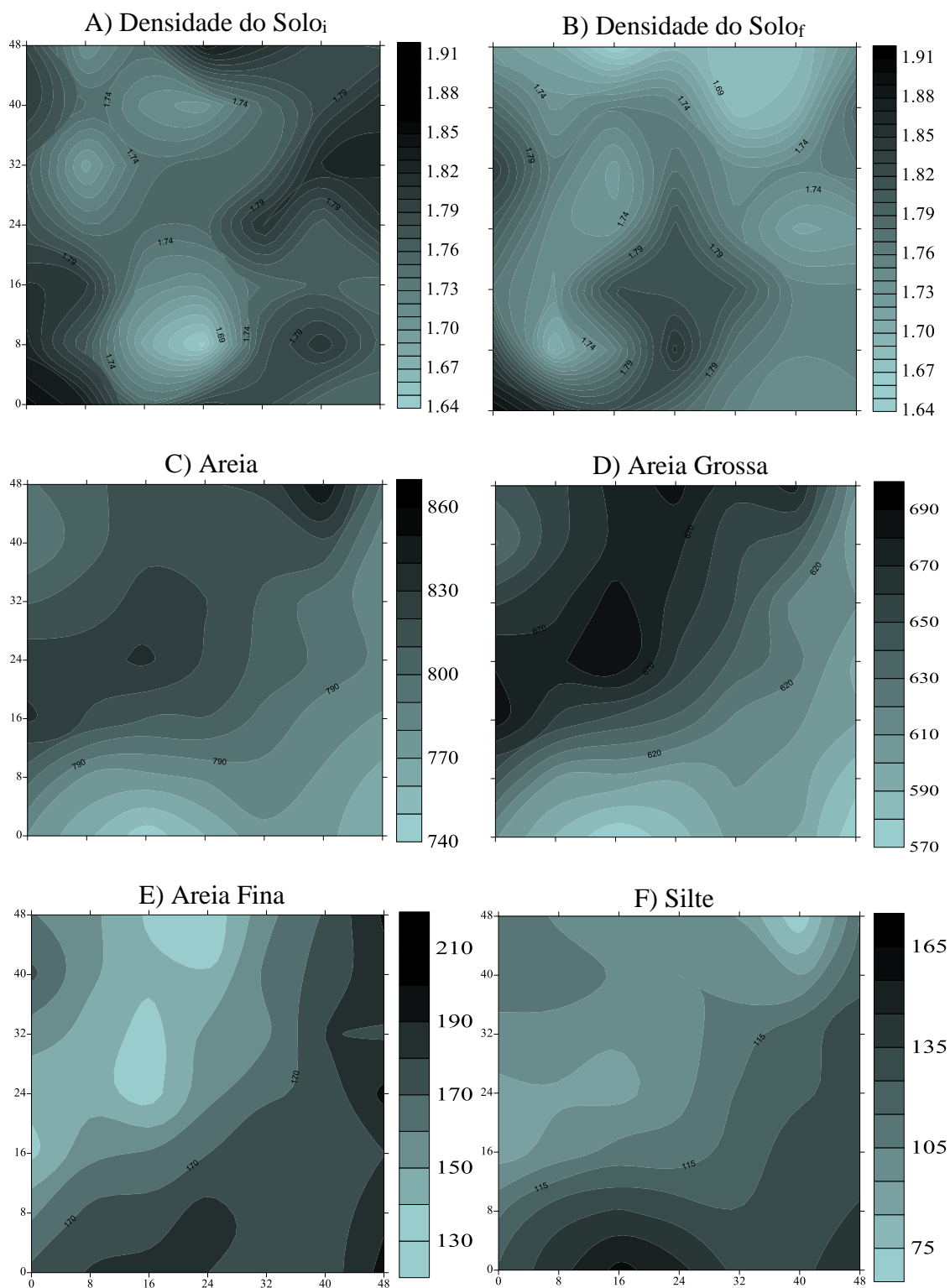


Figura 11. Mapas de isolinhas para atributos físicos do solo da Área 1 aos 7 e 68 dias após o transplante (DAT) do pimentão.

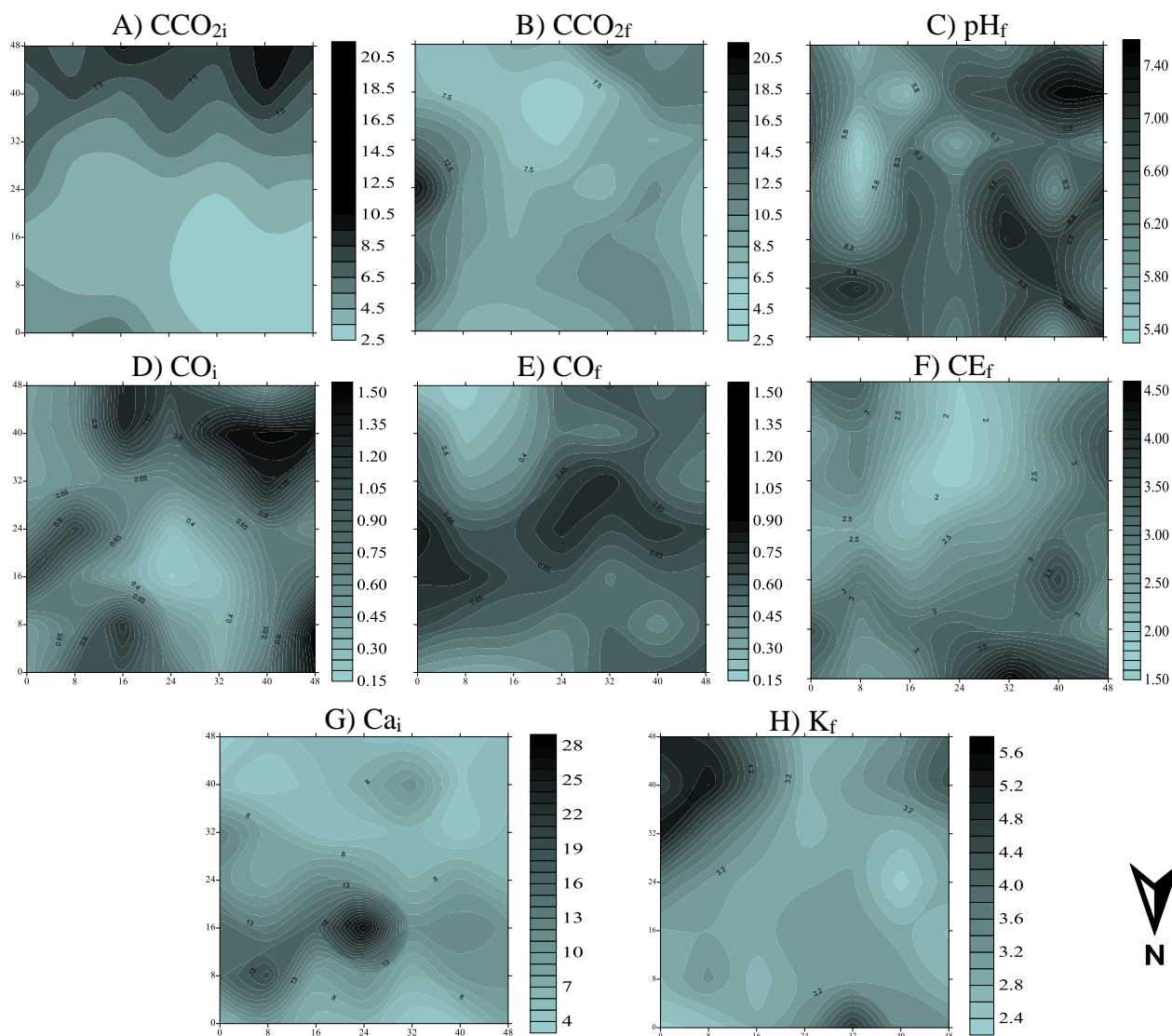


Figura 12. Mapas de isolinhas para os atributos químicos da Área 1 aos 7 e 68 dias após o transplante (DAT) do pimentão: A e B) Evolução C-CO₂ (mg CO₂) aos 7 e 68 DAT, C) pH aos 68 DAT, D e E) Carbono orgânico (dag kg⁻¹) aos 7 e 68 DAT, F) Condutividade elétrica (dS m⁻¹) aos 68 DAT, G) Ca (mmol_c L⁻¹) aos 7 DAT, H) K (mmol_c L⁻¹) aos 68 DAT.

A aplicação da torta de nim aumentou a variabilidade da evolução C-CO₂ (Figuras 12A e 12B), possivelmente por diferenças entre as comunidades de microrganismos influenciados positivamente pela maior disponibilidade de matéria orgânica. Após a aplicação do nim, pode-se observar relação inversa entre o pH (Figura 12C) e a evolução C-CO₂ (Figura 12B). Considerado um dos principais parâmetros químicos, o pH do solo controla a distribuição e atividade biológica do solo, afetando a composição das comunidades e as interações animais/microrganismos (RICHARDS, 1987; KILLHAM, 1994).

Comparando-se os mapas de carbono orgânico antes e após a aplicação da torta de nim (Figuras 12D e 12E), observa-se comportamento inverso na parte mais central da área, indicando que a torta de nim aumentou a reserva de matéria orgânica em áreas de déficit. Contrariamente, ocorreram maiores concentrações de Ca^{2+} nas regiões com menores teores de carbono orgânico (Figuras 12D e 12G), indicando que esse cátion é um nutriente presente na matéria orgânica. Similarmente, porém após a aplicação de torta de nim, regiões com maiores concentrações de K^+ (Figura 12H) condizem com menores concentrações de CO (Figura 12E), indicando que potássio é um nutriente presente na torta de nim.

Assim como observado em A1 (Figura 10), os *taxa* de nematoides de A2 também apresentaram similaridades com seus respectivos grupos tróficos (Figuras 13B e 13G e Figura 13C, 13D e 13F). Observa-se também menores densidades de fitoparasitas nas regiões de maior número de nematoides de vida livre, possivelmente devido ao ataque de nematoides predadores e onívoros. Maiores informações sobre fitoparasitos como presas de nematoides predadores encontram-se em Khan e Kim (2007) e Khan, Bilgrami e Jairajpuri (1995).

Como esperado, os padrões de distribuição para densidade e porosidade do solo foram contrários (Figuras 14A e 14B), reforçando a proporção inversa entre esses atributos. Amaro Filho et al. (2007) observaram comportamento semelhante, porém Santos et al. (2010) relataram relação inversa da densidade apenas com macroporosidade do solo, indicando que macroporos contribuem mais para a diminuição da densidade do solo.

Similarmente ao observado na A1 (Figura 11), houve comportamento inverso entre areia grossa e argila na A2 (Figuras 14 C e 14D).

O carbono orgânico apresentou-se bem mais homogêneo na segunda coleta (Figura 15A e 15B), assim como a CE (Fig. 15D e 15E), indicando que uma maior salinidade favorece a degradação da matéria orgânica. Comparando-se a CE (Figura 15D) com os sais solúveis (Figuras 15F, 15G, 15J e 15L) na primeira coleta, observam-se mesmos padrões de distribuição espacial, visto que a CE é um parâmetro quantitativo da salinidade do solo e os sais solúveis são parâmetros qualitativos, indicando que Na^+ e Ca^{2+} foram os sais solúveis mais dominantes.

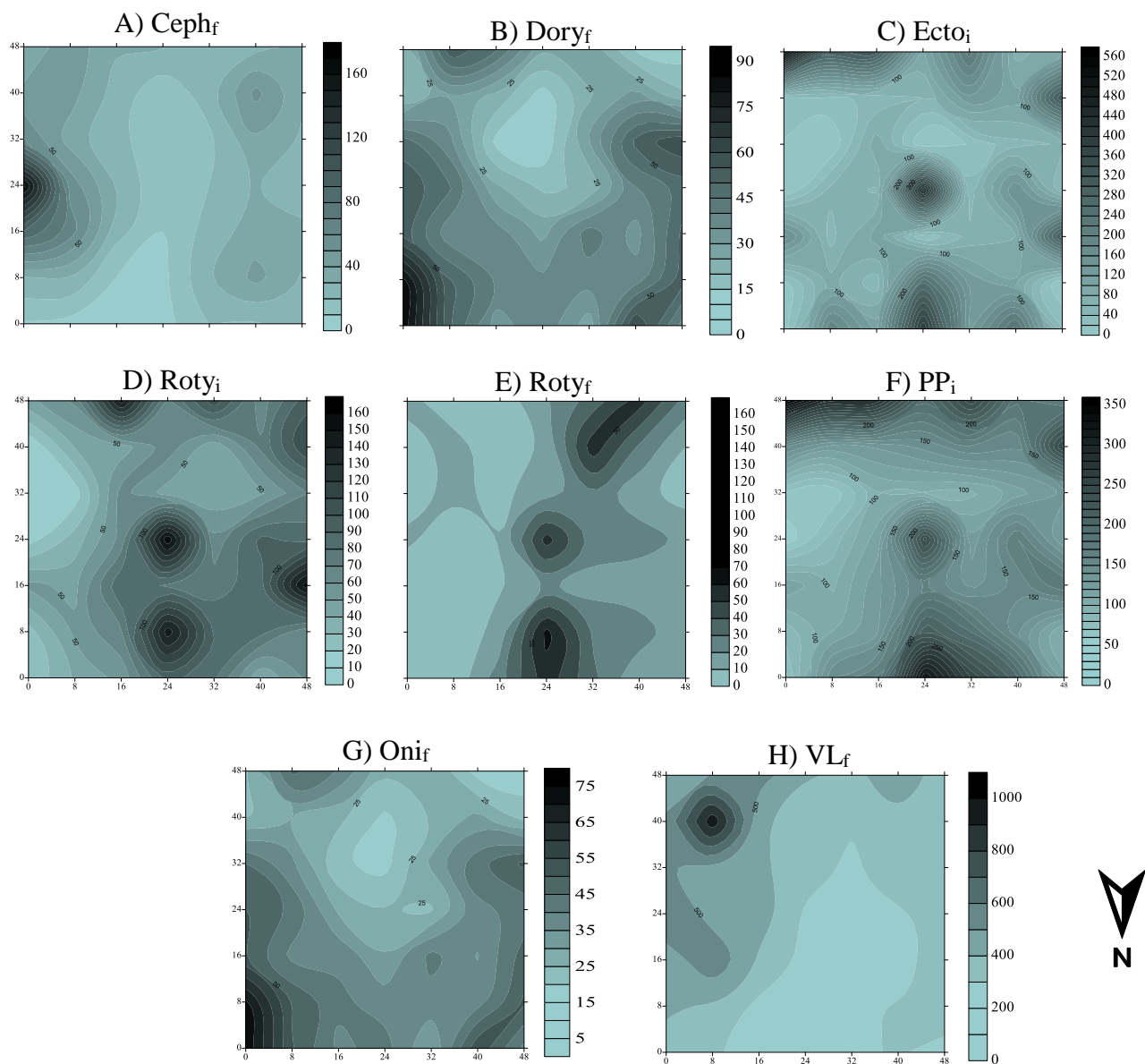


Figura 13. Mapas de isolinhas para os grupos tróficos e taxonômicos de nematoides da Área 2, aos 7 e 68 dias após o transplântio (DAT) do pimentão: A) Cephalobidae aos 68 DAT, B) Dorylaimida aos 68 DAT, C) Ectoparasitos aos 7 DAT, D e E) *Rotylenchulus* aos 7 e 68 DAT, F) Parasitos de planta aos 7 DAT, G) Onívoros aos 68 DAT, H) Vida livre aos 68 DAT.

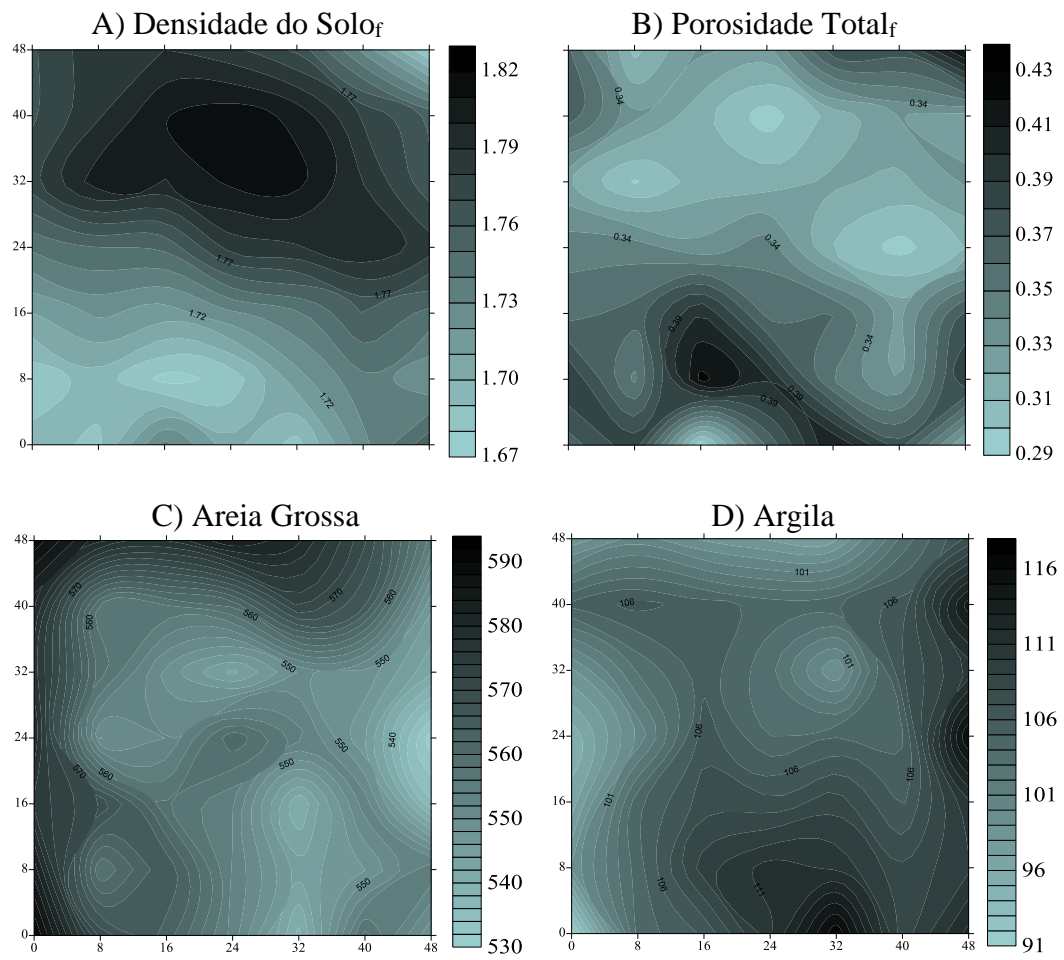


Figura 14. Mapas de isolinhas para os atributos físicos do solo da Área 2 aos 7 e 68 dias após o transplante do pimentão.

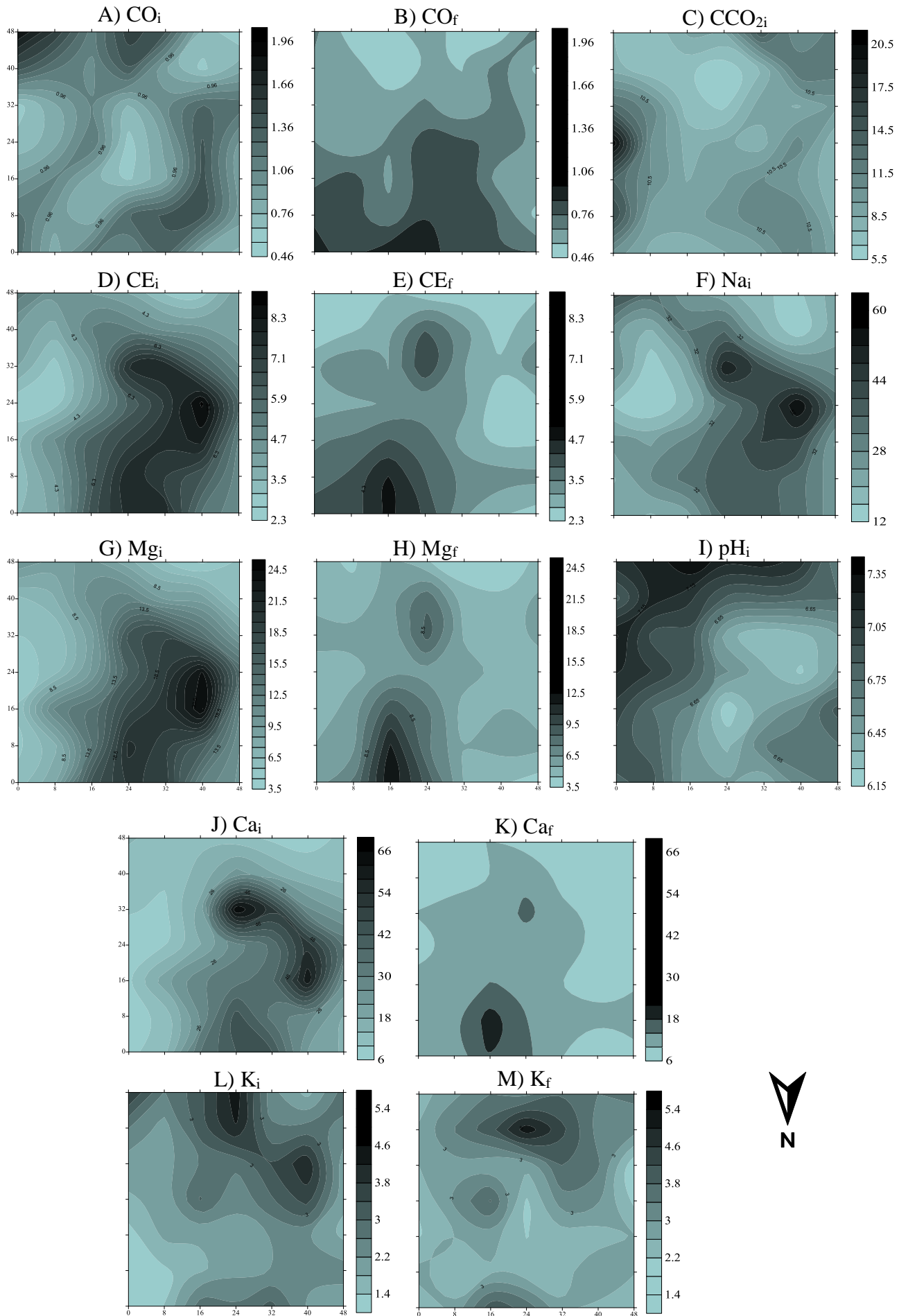


Figura 15. Mapas de isolinhas para atributos químicos da Área 2 aos 7 e 68 dias após o transplante (DAT) do pimentão. A e B) Carbono orgânico aos 7 e 68 DAT, C) Evolução C-CO₂ aos 7 DAT, D e E) Condutividade elétrica aos 7 e 68 DAT, F e G) Na e Mg aos 7 DAT, H) Mg aos 68 DAT, I) pH aos 7 DAT, J e K) Ca aos 7 e 68 DAT, L e M) K aos 7 e 68 DAT.

Os mapas indicam maior homogeneidade ao final do ciclo da cultura para Mg²⁺ e Ca²⁺ ao longo da maior parte da área, ao passo que K⁺ foi mais homogêneo na região norte da área (Figura 15). A deficiência de Mg²⁺ pode causar redução das raízes de pimentão (RIGA; ANZA, 2003), portanto uma maior homogeneização desse cátion é favorável ao crescimento do pimentão.

Os mapas de isolinhas para o crescimento das plantas de pimentão apresentam menores valores de altura da planta na A1 (Figura 16A) em regiões onde há pouco K⁺ disponível (Figura 12H), alta CE (Figura 12F), pH alto (Figura 12C) e densidade do solo maior que 1,79 g cm⁻³ (Figura 11B). Enquanto que na A2 (Figura 16B), o crescimento foi desfavorecido pelo menor quantidade de K⁺ (Figura 15M), alta CE (Figura 15E), valores intermediários de porosidade (Figura 15B) e alta densidade populacional de *Rotylenchulus* (Figura 13E). Cabe salientar que os pimenteiros da área com incorporação da torta de nim (A1) apresentaram crescimento maior e mais homogêneo na maior parte da área (Figura 16A).

Os dados apresentados sugerem que o crescimento do pimentão em Neossolo Regolítico em regiões de semiárido é mais prejudicado por baixas concentrações de potássio solúvel e alta condutividade elétrica, independentemente se há incorporação de matéria orgânica, ao passo que maiores densidades populacionais de *Rotylenchulus* spp. são mais prejudiciais em áreas sem incorporação de adubos orgânicos.

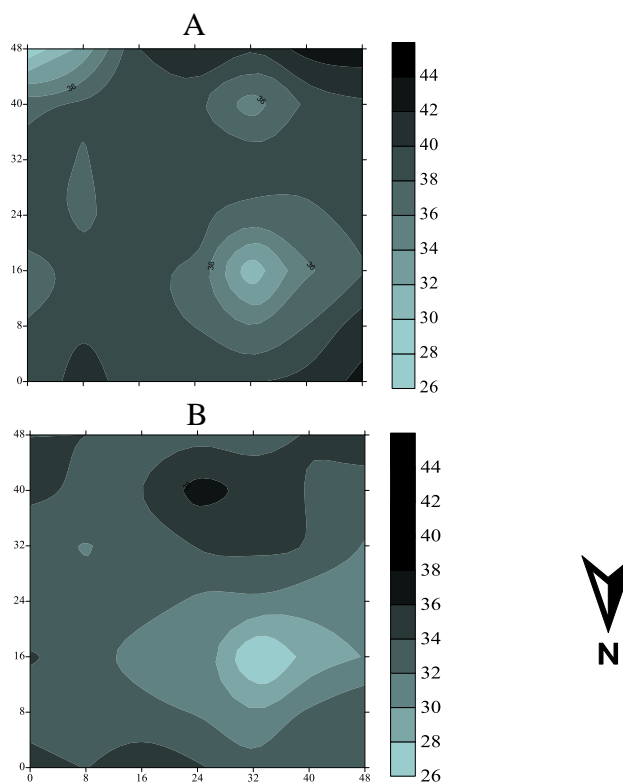


Figura 16. Mapas de isolinhas para a variável altura da planta nas Áreas 1 (A) e 2 (B) aos 68 dias após o transplante do pimentão.

CONCLUSÕES

- A incorporação de torta de nim ao solo aumentou a variabilidade das comunidades de nematoides, diminuindo a zona de influência desses organismos ao longo da área;
- As comunidades de nematoides parasitos de plantas foram mais influenciadas pelas comunidades de predadores e onívoros na área sem incorporação da torta de nim;
- O uso da torta de nim na região do semiárido diminui a densidade de Neossolo Regolítico e homogeniza os nutrientes disponíveis às plantas de pimentão;
- O crescimento do pimenteiro é prejudicado por baixas concentrações de potássio disponível e alta condutividade elétrica para áreas com e sem adição de torta de nim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, P. A.; RIGA, E.; CONN, K. L.; LAZAROVITS, G. Effect of neem cake soil amendment on reduction of damping-off severity and population densities of plant-parasitic nematodes and soilborne plant pathogens. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Londres, v. 27, n. 1, p. 38-45, 2005.

AKHTAR, M.; MALIK, A. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: A review. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 35-47, 2000.

ALBUQUERQUE, F. S. **Lâminas de irrigação e doses de potássio em cultivo de pimentão fertirrigado na Região Metropolitana do Recife**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

AMARO FILHO, J.; NEGREIROS, R. F. D.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho em Mossoró, RN. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.31, n. 3, p. 415-422, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. ABCSEM. **Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2010/2011**. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/docs/direitos_reservados.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2014.

BARDGETT, R. D. **The Biology of Soil: a Community and Ecosystem Approach**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2005. 254p.

BARDGETT, R. D.; WARDLE, D. A. **Aboveground-Belowground Linkages: Biotic Interactions, Ecosystem Processes, and Global Change**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2010. 320p.

BASSO, B.; BERTOCCO, M.; SARTORI, L.; MARTIN, E. C. Analyzing the effects of climate variability on spatial pattern of yield in a maize-wheat-soybean rotation. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 26, n. 2, p. 82-91, 2007.

BIRD, A. F.; BONIG, I.; BACIC, A. Factors affecting the adhesion of micro-organisms to the surfaces of plant-parasitic nematodes. **Parasitology**, Cambridge, v. 98, n. 1, p. 155-164, 1989.

BRIAR, S. S.; MILLER, S. A.; STINNER, D.; KLEINHENZ, M. D.; GREWAL, P. S. Effects of organic transition strategies for peri-urban vegetable production on soil properties, nematode community, and tomato yield. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 47, n. 2, p. 84-91, 2011.

BULLUCK III, L. R.; BARKER, K. R.; RISTAINO, J. B. Influences of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 21, p. 233-250, 2002.

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 258-267, 2011.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n. 5, p.1501-1511, 1994.

CARDOSO, M.O.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SILVA, E.F.F.; BARROS, P.Â. Effects of soil mechanical resistance on nematode community structure under conventional sugarcane and remaining of Atlantic Forest. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 6, p. 3529-3544, 2012.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 237-243, 2011.

CEDDIA, M. B.; VIEIRA, S. R.; VILLELA, A. L. O.; MOTA, L. S.; ANJOS, L. H. C.; CARVALHO, D. F. Topography and spatial variability of soil physical properties. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 338-352, 2009.

COLLANGE, B.; NAVARRETE, M.; PEYRE, G.; MATEILLE, T.; TCHAMITCHIAN, M. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. **Crop Protection**, Nova Iorque, v. 30, n. 10, p. 1251-1262, 2011.

CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R. **Levantamento detalhado de solos da Fazenda Nossa Senhora do Rosário (Pesqueira-PE)**. Recife: UFRPE/UFPE/CNPq/BNB. 2001. 35p. Relatório Técnico.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial da produtividade do feijoeiro correlacionada com atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 908-916, 2011.

DINARDO-MIRANDO, L. L.; FRACASSO, J. V. Spatial distribution of plant-parasitic nematodes in sugarcane fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 188-194, 2009.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Spatial and temporal variability of plant-parasitic nematodes population in sugarcane. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 39-52, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.

ENGLUND, E.; SPARKS, A. **GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software)**: User's Guide. Las Vegas: Environmental Protection Agency, 1988. 192p.

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, 1987. p. 372-376.

FERRIS, H.; MULLENS, T.A.; FOORD, K.E. Stability and characteristics of spatial description parameters for nematode populations. **Journal of Nematology**, Florida, v. 22, n. 4, p.427-439, 1990.

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura, agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 421p.

FRECKMAN, D. W. Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 24, n. 1-3, p. 196-217, 1988.

GAJALAKSHMI, S.; ABBASI, S. A. Neem leaves as a source of fertilizer-cum-pesticide vermicompost, **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 92, n. 3, p. 291-296, 2004.

GODEFROID, M.; DELAVILLE, L.; MARIE-LUCE, S.; QUÉNÉHERVÉ, P. Spatial stability of a plant-feeding nematode community in relation to macro-scale soil properties. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 57, p. 173-181, 2013.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for Windows**: Surface mapping system. Versão 6.01. Golden, 1995.

GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. Nematode community. trophic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 258-266, 2003.

GOULART, A. M. C. **Análise de dados em estudos de diversidade de nematóides**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 46p. (Documento 251).

GRISI, B. M. Método químico de medição de respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 82-88, 1978.

GRUVER, L. S.; WEIL, R. R.; ZASADA, I. A.; SARDANELLI, S.; MOMEN, B. Brassicaceous and rye cover crops altered free-living soil nematode community composition. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.45, n. 1, p. 1-12, 2010.

HUA, J.; JIANG, Y.; LIANG, W. Effects of vegetation coverage on the spatial distribution of soil nematode trophic groups. **Frontiers of Biology in China**, Nova Iorque, v. 3, n. 1, p. 63-67, 2008.

IQBAL, J.; THOMASSON, J. A.; JENKINS, J. N.; OWENS, P. R.; WHISLER, F. D. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, n. 4, p. 1338-1350, 2005.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, M. **An introduction to applied geostatistics**. Nova Iorque: Oxford University Press, 1989. 600p.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Florida, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

JOURNEL, A. C., HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. Londres: Academic Press, 1978. 600p.

- KHAN, Z.; BILGRAMI, A. L.; JAIRAJPURI, M. S. A comparative study on the predation by *Allodorylaimus americanus* and *Discolaimus silvicolus* (Nematoda: Dorylaimida) on different species of plant parasitic nematodes. **Fundamental and Applied Nematology**, Leiden, v. 18, n. 2, p. 99-108, 1995.
- KHAN, Z.; KIM, Y. H. A review on the role of predatory soil nematode in the biological control of plant parasitic nematodes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 35, n. 2, p. 370-379, 2007.
- KILLHAM, K. **Soil Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 260p.
- LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: UNESP, 2003. 226 p.
- LIANG, W.; JIANG, Y.; LI, Q.; LIU, Y.; WEN, D. Spatial distribution of bacterivorous nematodes in a Chinese Ecosystem Research Network (CERN) site. **Ecological Research**, Osaka, v. 20, p. 481-486, 2005.
- LIMPERT, E.; STAHEL, W. A. Problems with using the normal distribution – and ways to improve quality and efficiency of data analysis. **PLoS ONE**, v. 6, n. 7, p. e21403, 2011.
- LOUREIRO, D. C.; DE-POLLI, H.; CEDDIA, M. B.; AQUINO, A. M. Spatial variability of microbial biomass and organic matter labile pools in a Haplic Planosol soil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, Suplemento, p. 85-95, 2010.
- MAITHANI, A.; PARCHA, V.; PANT, G.; DHULIA, I.; KUMAR, D. *Azadirachta indica* (neem) leaf: A review. **Journal of Pharmacy Research**, v.4, n. 6, p.1824-1827, 2011.
- MAY, W. F.; MULLIN, P. G.; LYON, H. H.; LOEFFLE, K. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. Ithaca: Cornell University Press, 1996. 277p.
- MENDES, A. M. S.; DUDA, G. P.; LIMA, J. A. G.; AMORIM, L. B. Variabilidade espacial de características químicas de um Cambissolo cultivado com mamão no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 169-174, 2007.

MION, R.L.; NASCIMENTO, E.M.S.; SALES, F.A.L.; SILVA, S.F.; DUARTE, J.M.L.; SOUSA, B.M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; OLIVEIRA, I. S.; BONINI, C. S. B. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e atributos físicos em um Planossolo. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 3, p. 252-261, 2013.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 1, p. 30-37, 2006.

MUELLER, J. D.; KHALILIAN, A.; MONFORT, W. S.; DAVIS, R. F.; KIRKPATRICK, T. L.; ORTIZ, B. V.; HENDERSON, W. G. Site-specific detection and management of nematodes. In: OERKE, E. C.; GERHARDS, R.; MENZ, G.; SIKORA, R. A. (Eds.) **Precision crop protection – the challenge and use of heterogeneity**. Berlin: Springer, 2010, p. 385-402.

OKA, Y.; TKACHI, N.; SHUKER, S.; YERUMIYAHU, U. Enhanced nematicidal activity of organic and inorganic ammonia-releasing amendments by *Azadirachta indica* extracts. **Journal of Nematology**, Florida, v. 39, n. 1, p. 9-16, 2007.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments – A review. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 44, n. 2, p. 101-115, 2010.

PARFITT, J. M. B.; TIMM, L. C.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O.; CASTILHOS, D. D.; ÁVILA, C. L.; RECKZIEGEL, N. L. Spatial variability of the chemical, physical and biological properties in lowland cultivated with irrigated rice. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 819-830, 2009.

PAZ, J. M.; VISCONTI, F.; RUBIO, J. L. Spatial evaluation of soil salinity using the WET sensor in the irrigated area of the Segura river lowland. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 174, n. 1, 2011.

PINHEIRO, J. B.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; MOREIRA, A. S.; ALVES, M. C.; CAMPOS, V. P. Influência de nutrição mineral na distribuição espacial do nematóide de cisto da soja. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 4, p. 270-278, 2008.

REARDON, C. L.; STRAUSS, S. L.; MAZZOLA, M. Changes in available nitrogen and nematode abundance in response to *Brassica* seed meal amendment of orchard soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 57, p. 22-29, 2013.

REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; PEREIRA, A. S. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. I. Crescimento vegetativo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1517-1526, 2002.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p. (Manual de Agricultura 60).

RIGA, P.; ANZA, M. Effect of magnesium deficiency on pepper growth parameters: implications for determination of magnesium-critical value. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 26, n. 8, p. 1581-1593, 2003.

ROBERTSON, G. P.; FRECKMAN, D. W. The spatial distribution of nematode trophic groups across a cultivated ecosystem. **Ecology**, Nova Iorque, v. 76, n. 5, p. 1425-1432, 1995.

SANTOS, K.S., MONTENEGRO, A.A.A., ALMEIDA, B.G., MONTENEGRO, S.M.G.L., ANDRADE, T.S., FONTES JÚNIOR, R.V.P. Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 828-835, 2012.

SANTOS, M. C. N.; MELLO, J. M.; MELLO, C. R.; ÁVILA, L. F. Spatial continuity of soil attributes in an Atlantic Forest remnant in the Mantiqueira range, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 1, p. 68-77, 2013.

SAYRE, R. M. Bacterial diseases of nematodes and their role in controlling nematode populations. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 24, n. 1-3, p. 263-279, 1988.

SHAHBAZI, F.; ALIASGHARZAD, N.; EBRAHIMZAD, S. A.; NAJAFI, N. Geostatistical analysis for predicting soil biological maps under different scenarios of land use. **European Journal of Soil Biology**, Londres, v. 55, p. 20-27, 2013.

SIKORA, R. A.; FERNÁNDEZ, E. Nematodes parasites of vegetables. In: LIUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Eds.) **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, 2005. p. 319-392.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.231-241, 2008.

SILVA, J. J. N.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, E. F. F.; FONTES JÚNIOR, R. V. P.; SILVA, A. P. N. Variabilidade espacial de parâmetros de crescimento da mamoneira e de atributos físico-químicos em Neossolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campinas, v.14, n. 9, p. 921–931, 2010.

SIMMONDS, M. B.; PLANT, R. E.; PEÑA-BARRAGÁN, J.; van KESSEL, C.; HILL, J.; LINQUIST, B. A. Underlying causes of yield spatial variability and potential for precision management in rice systems. **Precision Agriculture**, Nova Iorque, v. 14, n. 5, p. 512-540, 2013.

SORGONÀ, A.; ABENAVOLI, M. R.; CACCO, G.; GELSOMINO, A. Growth of tomato and zucchini seedlings in orange waste compost media: pH and implication of dosage. **Compost Science and Utilization**, Londres, v. 19, n. 3, p. 189-196, 2011.

SOUZA, E. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; FREIRE, M. B. G. S. Evolução e variabilidade espacial da salinidade em Neossolo Flúvico cultivado com cenoura sob irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 584-592, 2008.

TAVARES, U. E.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MAGALHÃES, A. G.; BARRERO, M. T. L. Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 11, p. 1206-1215, 2012.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S. R.; VACHAUD, G.; NIELSEN, D. R. The use of cokriging with limited field soil observations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, n.1, p.175-184, 1983.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

VIEIRA, V. A. S.; MELLO, C. R.; LIMA, J. M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em uma microbacia hidrográfica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1477-1485, 2007.

VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F.; SIQUEIRA, G. M.; DUFRANC, G. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 185-195, 2011.

VIKETOFT, M. Determinants of small-scale spatial patterns: Importance of space, plants and factors for soil nematodes. **Soil Biology & Biochemistry**, Brisbane, v. 62, p. 92-98, 2013.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLED, D. (Ed). **Application of soil physics**. Nova Iorque: Academic Press, 1980, p. 319-344.

YANG, R.; SU, Y.; GAN, Y.; DU, M.; WANG, M. Field-scale spatial distribution characteristics of soil nutrients in a newly reclaimed sandy cropland in the Hexi Corridor of Northwest China. **Environmental Earth Science**, Nova Iorque, v. 70, n. 7, p. 2987-2996, 2013.

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

YEOMANS, J. O.; BREMMER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Londres, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prantice Hall, 1999. 663p.

Relações entre aplicação de torta de nim, níveis de nematoides, atributos edáficos e crescimento do pimenteiro no semiárido de Pernambuco

CAPÍTULO III

Relações entre aplicação da torta de nim, níveis de nematoides, atributos edáficos e crescimento do pimenteiro no semiárido de Pernambuco

RESUMO

Práticas alternativas de manejo para o controle de nematoides são estudadas em todo mundo e, uma das mais promissoras é a incorporação de matéria orgânica ao solo, especialmente a torta do nim (*Azadirachta indica*), pelo efeito inseticida comprovado e promissor efeito nematicida. Este estudo objetiva investigar relações entre aplicação da torta de nim, níveis de nematoides, atributos do solo e crescimento da planta, em área cultivada com pimenteiro (*Capsicum annuum*) no semiárido de Pernambuco. O experimento foi conduzido em área de agricultura familiar, no município de Pesqueira, em duas malhas de amostragem regulares (7×7 pontos), Área 1 (A1) e Área 2 (A2), cada uma com 49 pontos e 2304 m², tendo A1 recebido aplicação de torta de nim (100 g de nim por metro linear da linha de cultivo) 30 dias após o planto do pimenteiro, e os dados, coletados em ambas as áreas aos 7 e 68 dias após o transplântio. Análises nematológicas, físicas e químicas do solo foram realizadas em ambas as áreas e coletas, e a altura das plantas e o diâmetro do caule aferidos ao final do experimento. Análises de covariância e correlação de Pearson indicaram que, a despeito da dominância dos nematoides parasitos de planta e bacteriófagos, em ambas as áreas, no início e final do experimento, respectivamente, a abundância do total de nematoides foi quatro vezes maior na área com torta de nim, que apresentou incrementos significativos no teor de Na⁺ e pH do solo, e reduções nos teores de carbono orgânico e umidade do solo, devido possivelmente ao aumento da decomposição da matéria e crescimento do pimenteiro. A altura das plantas e o diâmetro do caule foram significativamente maiores na área com incorporação da torta de nim.

PALAVRAS-CHAVE: *Azadirachta indica*, bionematicida, *Capsicum annuum*, fitonematoides, matéria orgânica.

Relations among neem cake amendment, nematode densities, soil attributes and growth of pepper plants in semiarid region of Pernambuco

ABSTRACT

Alternative management practices to control nematodes are studied all over the world, and one of the most promising is the incorporation of organic matter to the soil, specially neem (*Azadirachta indica*) cake, due to insecticidal and promising nematicidal effects. This study aimed to investigate relations among neem cake amendment, nematode densities, soil attributes and plant growth, in an area cultivated with pepper (*Capsicum annuum*) in the semiarid region of Pernambuco. The experiment was carried out in a family farming, located in the municipality of Pesqueira, using two regular sampling grids (7×7 points), Area 1 (A1) and Area 2 (A2), each one with 49 points and 2304-m². Neem cake (100 g of neem cake per linear meter of each cultivation line) was applied in A1 30 days after pepper planting (DAP) and sampling, in both areas, performed at 7 and 68 DAP. Soil nematodes, physical and chemical analysis were performed in both areas and samplings, and plant height and stem diameter measured at the end of the experiment. Data covariance analysis and Pearson's correlation index indicated plant parasitic and bacterivorous nematodes were the most abundant trophic group at the beginning and at the end of the experiment, respectively, despite the fourfold increase in total nematode abundance at the second sampling in the neem treated A1, which also presented a significant increase in Na⁺ and soil pH, as well as a decrease in organic carbon and soil water content, possibly due to the increase of organic matter decomposition and pepper plants growth, respectively. Pepper plant height and stem diameter were significantly higher in soil with neem cake amendment.

KEYWORDS: *Azadirachta indica*, bionematicide, *Capsicum annuum*, plant parasitic nematodes, organic matter

INTRODUÇÃO

As plantas do gênero *Capsicum* pertencem à família botânica das Solanáceas e possuem atualmente 37 espécies reconhecidas (MECKELMANN et al., 2013; BOSLAND; VOTAVA 2012), sendo *C. annuum* L. a espécie mais cultivada no Brasil (EMBRAPA, 2012). De grande relevância econômica e social para o Brasil, a produção de hortaliças em 2011 alcançou 17,30 milhões de toneladas e o pimentão contribuiu com, aproximadamente, 3,45% da produção nacional, ou seja, R\$365,7 milhões (ABCSEM, 2011).

A produção de olerícolas pode sofrer drásticas reduções no mundo inteiro devido ao ataque de nematoides parasitos de plantas. O pimenteiro é susceptível ao ataque de espécies do gênero *Meloidogyne* (OUMAROU, 2010; DJIBEY, 2012; MALHOTRA; AGARWAL; TRIVEDI, 2012), tanto em condições de campo quanto em cultivo em ambientes protegidos (CHAUDHARY; KAUL, 2012), especialmente *M. hapla* (OPPERMAN et al., 2008) e *M. incognita* (ABADAL et al., 2008). As raízes do pimenteiro são bastante parasitadas pelos nematoides, levando ao declínio da lavoura (GILREATH et al., 2005). Segundo Nicol et al. (2011), perdas culturais causadas por nematoides parasitos de planta equivalem a, aproximadamente, 8,8 a 14,6% do total produzido por ano, equivalendo a US\$ 100-157 bilhões no mundo. Em solos arenosos na Nigéria cerca de 60% de perdas em lavouras são devido aos parasitos de planta (ADAMOU et al., 2013).

A densidade populacional de diferentes espécies de nematoides sofre influência dos atributos físicos e químicos do solo, podendo ser maior ou menor em diferentes regiões de uma determinada área. Alguns estudos evidenciam que uma maior densidade e menor porosidade total do solo, desfavorece o desenvolvimento de nematoides de vida livre, os quais necessitam de espaço poroso para realização de trocas gasosas e movimentação pela água (JONES; THOMASSON, 1976; de GOEDE; BONGERS, 1994; BOUWMAN; ARTS, 2000; CARDOSO et al., 2012).

Em relação às propriedades químicas, valores de pH extremos são eficientes no controle de nematoides. Contudo, Oka (2010) afirma que pH de solo ácido ou alcalino pode contribuir para supressão de nematoides. Enquanto que Jiang et al. (2013) relataram que os nematoides parasitos de planta são suprimidos com o aumento do pH, possivelmente por causada produção de amônia, um nematicida bastante eficiente no

controle de nematoides (OKA, 2010). Contudo, solo acidificado com pH igual a 3,5 reduziu a população de *Tylenchorhynchus* spp. em 70% sob condições aeróbicas e em 80% em condições anaeróbicas (McELDERRY; BROWNING; AMADOR, 2005).

Nos últimos anos, o uso de métodos alternativos para controle de nematoides vem ganhando força devido à sustentabilidade. A incorporação da matéria orgânica é considerada uma técnica promissora para o controle de nematoides parasitos de planta, por proporcionar aumento da população de microrganismos antagonistas (OKA, 2010), promover a formação de substâncias orgânicas com ação nematicida (MOMMA et al., 2006; ZASADA et al., 2005) e melhorar a qualidade do solo (BONILLA et al., 2012; GHOSH et al., 2012).

No entanto, Ritzinger e Fancelli (2006) relatam que, para o controle de nematoides parasitos de planta, a quantidade de matéria orgânica varia de acordo com o tipo de material, relações entre patógeno e hospedeiro e entre hospedeiro e meio ambiente, como também com a espécie de nematoide presente. A utilização de compostos orgânicos para este fim deve ser empregada a partir do conhecimento do mecanismo de supressão juntamente com o tipo de substrato, doses letais para os nematoides, e impacto ao ambiente.

Dentre os extratos orgânicos, os produtos derivados do nim (*Azadirachta indica* A. Juss), árvore originária da Índia que apresenta potencial como bionematicida, têm recebido bastante atenção pelos pesquisadores. Por exemplo, várias preparações de nim – folhas, óleos e torta – foram testadas quanto à atividade nematicida, e a azadiractina, nimbin e salannin relatados como compostos ativos contra a ação de nematoides (AKHTAR, 2000). Diferentes produtos derivados do nim têm sido relatados de ação efetiva na redução populacional dos parasitos de planta, eclosão de ovos, mobilidade de juvenis e melhoria da qualidade do solo (KHALIL, 2013).

Entretanto, alguns estudos com compostos derivados do nim têm apresentado resultados contraditórios. Por exemplo, em experimentos de campo no Brasil com cana-de-açúcar, Chaves et al. (2009) observaram que a aplicação de óleo de nim na dose de 4 L ha⁻¹ teve efeito positivo no controle de *Pratylenchus zae* nas raízes; por outro lado, Oliveira et al. (2005) observaram que a aplicação de óleo de nim (2,0 L ha⁻¹) promoveu algumas vezes aumento da população de *P. brachyurus*, em relação à testemunha. Esses resultados evidenciam a importância de mais estudos sobre a eficácia de extratos de nim no controle de pragas agrícolas, especialmente nematoides.

Com base em estudos anteriores, nós hipotetizamos que: i) a torta de nim afeta negativamente a densidade populacional de nematoides parasitos de planta; ii) a torta de nim favorece a atividade biológica e, conseqüentemente, eleva a densidade populacional de nematoides de vida livre, principalmente, os bacteriófagos e os micófagos; iii) o efeito supressivo da torta de nim pode ocorrer em nível de campo em dose de 4 t ha⁻¹, sendo aplicados 100 g por metro linear de linha de cultivo do pimenteiro; iv) a torta de nim afeta as propriedades químicas do solo; e v) o crescimento de plantas de pimentão é positivamente influenciado pela aplicação de torta de nim. Portanto, objetivou-se neste estudo investigar relações entre a aplicação da torta de nim, a densidade populacional de nematoides, os atributos do solo e o crescimento da cultura, em área cultivada com pimentão no semiárido Pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O experimento foi realizado durante os meses de abril a junho de 2013 em área de agricultura familiar, sob as coordenadas 08° 23.771' S e 36° 51.351' W, localizada em Pesqueira no semiárido Pernambucano, Brasil. A área total possui 6760 m² (65 x 104 m) e, antes do período experimental, havia apenas vegetação ruderal, porém o solo já estava preparado para o cultivo em linhas de pimentão. Uma análise exploratória foi realizada em março de 2013, onde se constatou a presença de nematoides na área. Em abril de 2013, foi realizado o transplântio de 20000 mudas de pimenteiro, com espaçamento entre plantas de 0,25 m e espaçamento entre linhas de 1,30 m, totalizando 50 linhas de cultivo.

Da área total, foram selecionadas duas áreas menores, Área 1 (A1) e Área 2 (A2), para a realização do experimento, que consistem em 68% da área total, ou seja, 4608 m². Em ambas as Áreas foi delimitada uma malha de amostragem regular com espaçamento entre pontos de 8 m, representando uma área de 2304 m² com 49 pontos cada, conforme Figura 1.

As coletas foram realizadas em dois períodos: I) Primeira coleta (i), aos 7 dias após o transplântio do pimentão, e II) Segunda coleta (f), aos 68 dias após o transplântio do pimentão, totalizando 61 dias experimentais. A segunda coleta foi realizada ao término do ciclo da cultura, no momento da colheita. Entre as duas coletas, foi realizada

a diferenciação dos manejos das Áreas. Aleatoriamente, A1 foi sorteada para receber a aplicação de torta de nim após 21 dias do transplante do pimentão; A2 não recebeu modificação no manejo.

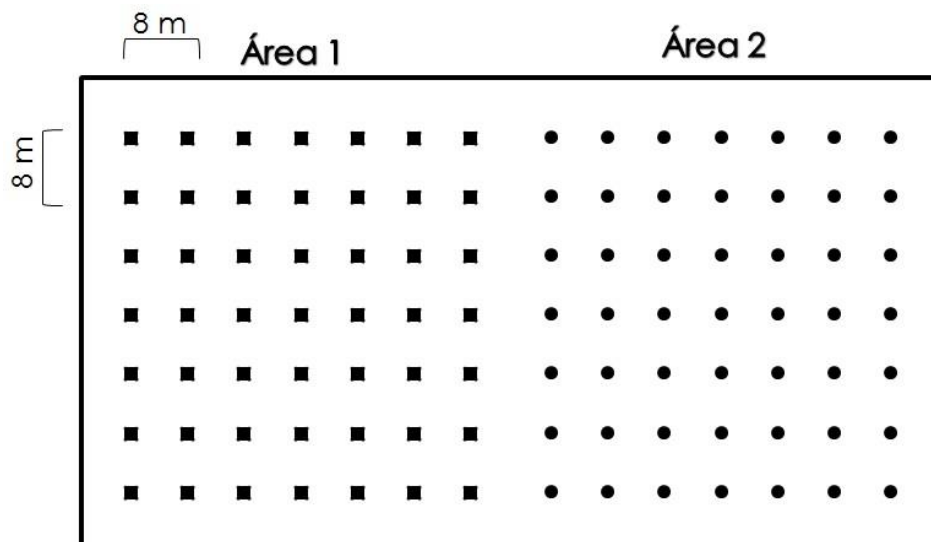


Figura 1. Localização geográfica, em UTM, das áreas experimentais no semiárido Pernambucano, município de Pesqueira, Brasil.

O solo das duas áreas experimentais foi classificado como Neossolo Regolítico (CORRÊA; RIBEIRO, 2001), com teores médios de 798,955 g kg⁻¹, 114,776 g kg⁻¹ e 86,269 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, para a Área 1; e 744,617 g kg⁻¹, 150,358 g kg⁻¹ e 105,025 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, para a Área 2. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é BSsh, caracterizado por ser semiárido quente, tipo estepe, com precipitação anual média de 730 mm e evapotranspiração potencial total anual média de 1683 mm (SANTOS et al., 2012). A precipitação média nas áreas de estudo durante o período experimental está representada na figura 2.

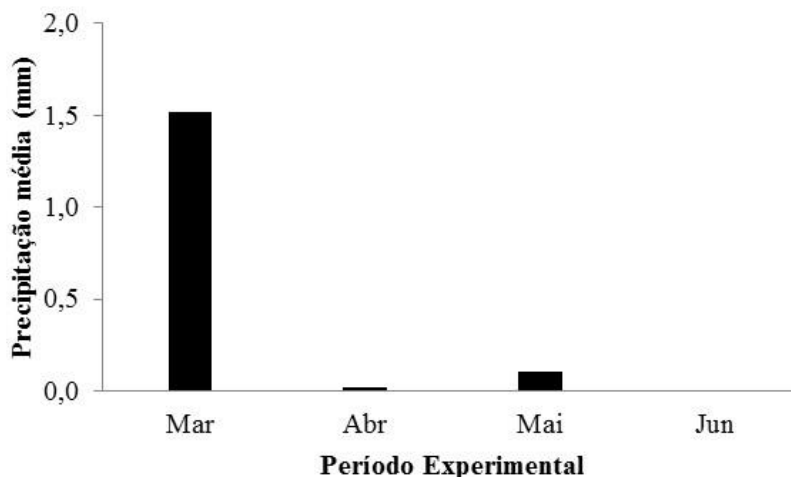


Figura 2. Precipitação média de março a Junho em área sob o cultivo de pimentão, no semiárido pernambucano.

Obtenção das amostras

Amostras indeformadas de solo foram coletadas a cada 8 m com o auxílio do amostrador de Uhland modificado na profundidade de 0,20-0,40 m para a determinação da densidade e da umidade do solo. Além das amostras inderformadas, foram coletadas amostras deformadas com auxílio de um escavador para a realização da identificação dos nematoides e das análises químicas e demais análises físicas.

Na segunda coleta, além das amostras indeformadas e deformadas de solo, foram coletadas amostras de raízes e realizada a biometria da planta do pimentão, através de medições da altura da planta e diâmetro do caule a 5 cm do nível do solo (REZENDE et al., 2002).

Incorporação da torta de nim

A incorporação da torta de nim foi realizada 21 dias após o transplântio do pimentão, sendo aplicados 100 g de nim por metro linear da linha de cultivo. Para um melhor aproveitamento, o nim foi aplicado ao longo de cada uma das 7 linhas de cultivo da A1, sendo 25 cm acima e 25 cm abaixo da linha de cultivo, totalizando 10,6 kg de torta de nim por linha de cultivo, ou seja, aproximadamente 74 kg de torta de nim foram incorporados na malha regular da A1.

Considerou-se uma área de incorporação da torta de nim igual ao produto do comprimento da linha de cultivo (53 m) pela largura entre as trincheiras de aplicação da torta de nim (0,5 m), totalizando 26,5 m². Portanto, foram incorporados 10,6 kg de torta

de nim a cada 26,5 m², dosagem equivalente a quatro toneladas de torta de nim por hectare (4 t ha⁻¹).

Análises nematológicas

As amostras para identificação de nematoides foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, encaminhadas ao Laboratório de Fitonematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e processadas a partir de alíquotas de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Durante o período experimental, foram coletadas 196 amostras de solo e 98 amostras de raízes.

As suspensões de nematoides obtidas foram mantidas sob refrigeração (4-6 °C), realizando-se a identificação genérica e contagem dos espécimes em lâminas de Peters, sob microscópio óptico, em duas repetições, sendo os resultados computados em número de espécimes por 300 cm³ de solo. Os nematoides foram classificados de acordo com o hábito alimentar em cinco grupos tróficos (bacteriófagos, micófagos, onívoros, predadores e parasitos de planta), baseando-se na morfologia do estoma e do esôfago, de acordo com Yeates et al. (1993). Parasitos de planta foram identificados em nível de gênero, família ou ordem de acordo com May et al. (1996). A estrutura da comunidade de nematoides foi descrita pelos grupos tróficos e as razões micófagos/bacteriófagos (M/B) (GOMES; HUANG; CARES, 2003).

Análises Físicas

As amostras de solo para realização das análises físicas foram encaminhadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Resíduos/UFRPE. Posteriormente, as amostras foram preparadas e pesadas para obtenção da massa úmida (g) e depois levadas à estufa a 105 °C por 24 h para obtenção da massa seca (g); a umidade (g g⁻¹) foi calculada pelo método gravimétrico, dividindo-se a massa de água pela massa seca do solo. A densidade do solo (g cm⁻³) foi determinada pelo método do anel volumétrico. A densidade de partículas (g cm⁻³), obtida pelo método do balão volumétrico, e a porosidade total (%) do solo foi calculada pela razão entre densidade do solo e a densidade de partículas. As classes texturais foram determinadas pelo método do densímetro de Boyoucos, logo após a análise de dispersão de amostra em solução de hexametáfosfato de sódio e carbonato de sódio em água e posterior separação das

diferentes classes granulométricas. Todas as análises físicas foram realizadas de acordo com metodologias sugeridas pela EMBRAPA (1997).

Análises Químicas

O teor de Carbono Orgânico total (CO) total foi determinado pelo método descrito em Yeomans e Bremner (1988), consistindo em digerir 0,5 g de terra fina seca ao ar (TFSA) passado em peneira de 60 mesh em 5 mL de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,167 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado por 30 minutos a 170°C em bloco digestor. Após o resfriamento até a temperatura ambiente, os extratos foram transferidos para erlenmeyers de 250 mL, utilizando-se água destilada suficiente para um volume final de até 80 mL. Em seguida, adicionaram-se 0,3 mL de solução indicadora de ferroin em cada erlenmeyer, procedendo-se a titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) 0,20 M, também conhecido como sal de Mohr. Paralelamente, foram realizadas provas em branco, com e sem aquecimento. O teor de CO total no solo foi obtido pela Equação 1.

$$CO = \frac{[(Vba - Vam)(Vbn - Vba)/Vbn] + (Vba - Vam)[M](3)(100)}{Ms} \quad (1)$$

onde:

CO = carbono orgânico ($dag\ kg^{-1}$);

Vba = volume gasto na titulação do branco aquecido;

Vbn = volume gasto na titulação do branco sem aquecimento;

Vam = volume gasto na titulação da amostra;

[M] = molaridade do sulfato ferroso;

Ms = massa da amostra de solo em miligrama.

Para a obtenção do extrato da pasta de saturação do solo, utilizou-se aproximadamente 400 g de TFSA, as quais foi adicionada água destilada lentamente até a saturação da amostra. Identificou-se o ponto de saturação quando o solo apresentou-se com aspecto brilhante, sem lâmina de água sobre a superfícies; e, quando uma subamostra escorrega facilmente da extremidade da espátula. Após 24 horas com os recipientes fechados, as amostras foram transpostas para um conjunto composto por funil de buchner com filtro de papel no fundo e kitassato. Aplicou-se vácuo ao sistema funil-kitassato para que a solução do solo drenasse através do filtro de papel. Um recipiente foi colocado abaixo do kitassato para armazenar a solução extraída. Os

extratos foram mantidos sob refrigeração até o momento de análises posteriores.

A partir do extrato de saturação do solo foram determinados os teores de sais solúveis (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e a condutividade elétrica (CE) de acordo com metodologia proposta por Richards (1954). As leituras dos cátions monovalentes foram realizadas em fotômetro de chama, enquanto que foi utilizado espectrofotômetro de absorção atômica para a obtenção dos teores dos cátions bivalentes. A CE foi medida através de condutivímetro previamente calibrado. Utilizando 10 g de TFSA, foi determinado o potencial hidrogeniônico (pH) do solo em água (1:2,5) em potenciômetro calibrado a cada bateria de leitura.

Em cada ponto amostrado foram coletados e armazenados em potes com tampas rosqueáveis, 100 g de amostras deformadas de solo para determinação da evolução C-CO₂ do solo. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fitonematologia/UFRPE e mantidas sob refrigeração por no máximo 15 dias. A evolução C-CO₂ foi realizada de acordo com metodologia proposta por Grisi (1978).

Análises estatísticas dos dados

Os dados foram submetidos à análise de covariância (ANCOVA), utilizando o software SAS[®] Versão 9.2 (SAS INSTITUTE, 2008), além de cálculos de índices de correlação de Pearson a 5% e 1% de significância (HAIR et al., 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura e composição das comunidades de nematoides

A composição da comunidade de nematoides variou entre as áreas de estudo (Tabelas 1 e 2). Na A1_i foram identificadas duas famílias, duas ordens e treze gêneros: parasitos de plantas (uma família, nove gêneros), bacteriófagos (uma família, uma ordem, um gênero), micófagos (dois gêneros), onívoros (uma ordem) e predadores (um gênero); e na A1_f quatro famílias, duas ordens e vinte gêneros: parasitos de plantas (uma família, dez gêneros), bacteriófagos (duas famílias, uma ordem, dois gêneros), micófagos (quatro gêneros), onívoros (uma família, uma ordem, um gênero) e predadores (três gêneros) (Tabela 1).

Enquanto que na A2_i foram identificadas duas famílias, duas ordens e quatorze gêneros: parasitos de plantas (uma família, nove gêneros), bacteriófagos (uma família,

uma ordem, um gênero), micófagos (dois gêneros), onívoros (uma ordem) e predadores (dois gêneros); e na A2_f duas famílias, duas ordens e vinte gêneros: parasitos de plantas (uma família, oito gêneros), bacteriófagos (uma família, uma ordem, dois gêneros), micófagos (cinco gêneros), onívoros (uma ordem) e predadores (cinco gêneros) (Tabela 2).

Tabela 1. Abundância, média e dominância (%) dos grupos tróficos de nematoides associadas à cultura do pimentão em área com aplicação de nim em Pesqueira, semiárido de Pernambuco

Grupo trófico/Taxa	Área 1 (início)			Área 1 (final)		
	A	Média±DP	D (%)	A	Média±DP	D (%)
Bacteriófagos						
<i>Rhabditida</i>	1043	21,29±29,30	11,06	21760	453,32±477,01	54,14
<i>Cephalobidae</i>	455	9,29±14,14	4,83	2481	51,69±75,26	6,17
<i>Monhysteridae</i>	0	0,00±0,00	0,00	38	0,79±3,84	0,09
<i>Prismatolaimus</i>	38	0,77±3,80	0,40	228	4,75±9,47	0,57
<i>Amphidelus</i>	0	0,00±0,00	0,00	226	4,72±16,22	0,56
Micófagos						
<i>Aphelenchus</i>	803	16,39±22,00	8,52	2004	41,74±46,00	4,98
<i>Aphelenchoides</i>	334	6,82±14,00	3,54	46	0,96±4,76	0,11
<i>Ditylenchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	904	18,82±31,65	2,25
<i>Nothotylenchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	84	1,75±6,44	0,21
Onívoros						
<i>Actinolaimidae</i>	0	0,00±0,00	0,00	72	1,5±6,05	0,18
<i>Dorylaimida</i>	664	13,56±26,08	7,05	1844	38,41±40,49	4,59
<i>Enchodelus</i>	0	0,00±0,00	0,00	40	0,84±4,32	0,10
Predadores						
<i>Discolaimus</i>	99	2,02±6,34	1,05	76	1,57±5,31	0,19
<i>Mononchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	39	0,81±3,96	0,10
<i>Tripyla</i>	0	0,00±0,00	0,00	74	1,53±6,78	0,18
Parasitos de planta						
<i>Criconematidae</i>	2757	56,26±122,05	29,25	3714	77,36±151,24	9,24
<i>Meloidogyne</i>	844	17,22±46,18	8,95	494	10,28±37,47	1,23
<i>Pratylenchus</i>	948	19,36±32,40	10,06	3653	76,10±300,20	9,09
<i>Helicotylenchus</i>	442	9,03±24,90	4,69	352	7,34±18,60	0,88
<i>Hemicycliophora</i>	64	1,31±4,46	0,68	0	0,00±0,00	0,00
<i>Rotylenchulus</i>	768	15,68±42,85	8,15	1628	33,91±107,34	4,05
<i>Tylenchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	302	6,29±16,26	0,75
<i>Tylenchulus</i>	79	1,61±6,76	0,84	14	0,29±2,02	0,03
<i>Tylenchorhynchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	18	0,39±2,67	0,05
<i>Trichodorus</i>	30	0,60±2,95	0,31	31	0,65±3,21	0,08
<i>Paratrachodorus</i>	38	0,76±3,75	0,40	34	0,72±3,50	0,09
<i>Xiphinema</i>	20	0,40±2,79	0,21	0	0,00±0,00	0,00
<i>Quinisulcius</i>	0	0,00±0,00	0,00	38	0,78±3,80	0,09

Nematoides totais	9426	192,38±199,10	40192	837,32±695,92
M/B	0,74±0,74		0,12±0,15	

A (abundância): soma do número de nematoides em 49 amostras por *taxa* em 300 cm³ de solo, Média±DP: Média e desvio padrão de nematoides por 300 cm³ de solo, D (%): dominância de cada *taxum* expresso em porcentagem, M/B: relação média entre micófagos e bacteriófagos.

Tabela 2. Abundância, média e dominância (%) das comunidades de nematoides associados à cultura do pimentão em área sem aplicação de nim em Pesqueira, semiárido de Pernambuco

Grupo trófico/ <i>Taxa</i>	Área 2 (início)			Área 2 (final)		
	A	Média±DP	D (%)	A	Média±DP	D (%)
Bacteriófagos						
<i>Rhabditida</i>	1655	33,78±49,87	13,32	11923	243,33±351,39	46,99
<i>Cephalobidae</i>	209	4,26±9,99	1,68	1528	31,17±50,01	6,02
<i>Prismatolaimus</i>	472	9,64±16,69	3,80	396	8,09±17,40	1,56
<i>Amphidelus</i>	0	0,00±0,00	0,00	189	3,86±10,19	0,74
Micófagos						
<i>Aphelenchus</i>	49	10,09±21,84	3,98	2004	40,91±40,17	7,90
<i>Aphelenchoides</i>	290	5,93±12,59	2,34	39	0,80±5,57	0,15
<i>Ditylenchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	852	17,39±24,30	3,36
<i>Tylencholaimus</i>	0	0,00±0,00	0,00	20	0,42±2,93	0,08
<i>Nothotylenchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	62	1,28±6,69	0,25
Onívoros						
<i>Dorylaimida</i>	1318	26,89±34,52	10,60	1828	37,31±29,83	7,20
Predadores						
<i>Discolaimus</i>	210	4,29±1,19	1,69	34	0,70±3,47	0,14
<i>Seinura</i>	0	0,00±0,00	0,00	58	1,18±4,69	0,23
<i>Mononchus</i>	22	0,46±3,21	0,18	80	1,62±5,56	0,31
<i>Nygolaimus</i>	0	0,00±0,00	0,00	20	0,40±2,79	0,08
<i>Tripyla</i>	0	0,00±0,00	0,00	54	1,09±4,34	0,21
Parasitas de planta						
<i>Criconematidae</i>	1769	36,10±90,93	14,24	1096	22,36±42,87	4,32
<i>Meloidogyne</i>	454	9,28±20,30	3,66	1677	34,22±89,78	6,61
<i>Pratylenchus</i>	1140	23,36±41,71	9,17	745	15,20±20,22	2,94
<i>Helicotylenchus</i>	566	11,54±21,60	4,55	897	18,31±44,62	3,54
<i>Hemicyclophora</i>	50	1,01±5,02	0,40	0	0,00±0,00	0,00
<i>Rotylenchulus</i>	3282	66,99±85,25	26,42	882	18±28,82	3,48
<i>Tylenchus</i>	0	0,00±0,00	0,00	107	2,18±6,69	0,25
<i>Tylenchulus</i>	130	2,65±13,45	1,05	18	0,38±2,64	0,07
<i>Trichodorus</i>	186	3,81±9,44	1,50	600	12,24±29,48	2,36
<i>Paratrachodorus</i>	144	2,94±11,05	1,16	262	5,36±12,11	1,03
<i>Xiphinema</i>	32	0,65±3,20	0,26	0	0,00±0,00	0,00
Nematoides totais	12424	253,56±195,24		25372	571,79±432,84	
M/B	0,46±0,34		0,17±0,21			

A (abundância): soma do número de nematoides em 49 amostras por *taxa* por 300 cm³ de solo, Média±DP: Média e desvio padrão de nematoides por 300 cm³ de solo, D (%): Dominância de cada *taxum* expresso em porcentagem, M/B = razão média entre micófagos e bacteriófagos.

No início do experimento, a densidade populacional dos nematoides parasitos de planta encontrava-se alta (Tabelas 1 e 2), podendo ser atribuída à presença de vegetação ruderal anteriormente ao transplântio do pimenteiro. Schroeder, Thomas e Murray (1993) mostraram que a presença de ervas daninhas em áreas de pousio aumenta a população de nematoides. Rich et al. (2009) apontaram que o controle inadequado de ervas daninhas podem neutralizar estratégias de controle de nematoides. Portanto, a retirada de vegetação ruderal em áreas de pousio pode efetivamente prevenir infestações por nematoides (COLLANGE et al., 2011).

Os nematoides parasitos de planta foram o grupo trófico mais representativo em ambas as áreas na primeira coleta, com dominâncias de 64% e 62%, respectivamente, para A1 e A2. Porém, ao final do experimento, os bacteriófagos foram os mais representativos, com dominâncias, respectivamente, da ordem de 62% e 55%, seguidos dos parasitas de planta (26% e 25%, respectivamente).

Apesar de apresentarem o mesmo comportamento – aumento da dominância de nematoides bacteriófagos e diminuição de nematoides fitoparasitas –, a A1, na qual foi incorporada a torta de nim, apresentou abundância total dos nematoides quatro vezes maior na segunda coleta quando comparada à abundância no início do experimento; enquanto que na A2, onde não houve a aplicação do bionemático, a abundância total de nematoides apenas dobrou. Vale salientar que a densidade populacional de bacteriófagos aumentou 16 vezes na A1 e, apenas, 6 vezes na A2. (Tabelas 1 e 2).

A densidade populacional de *Meloidogyne* diminuiu 60% após a aplicação da torta de nim na Área 1 (Tabela 1). Alguns estudos relatam a eficácia de extratos de nim no combate a nematoide de galhas (OKA, 2010; ABBASI et al., 2005). Akhtar e Malik (2000) e Oka et al. (2007) observaram que a torta de nim é eficaz mesmo em doses baixas (1–2 t ha⁻¹) e Akhtar (1998) reportou diminuição de 50% da população de *Meloidogyne* em plantas de grão de bico cultivadas em solo aluvial na Índia. O autor associou a diminuição de nematoides parasitos de planta ao efeito conjunto dos extratos de nim e aumento da densidade populacional de nematoides predadores e de outros nematoides de vida livre. Esses estudos corroboram dados do presente trabalho.

Em contrapartida, foi observado aumento considerado nas densidades populacionais de *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* e Criconematidae. Aumento na população de nematoides formadores de galhas foi observado por Thoden, Korthals e Termorshuizen (2011) após incorporação de compostos orgânicos. Collange et al. (2011) relataram que a interação entre diversos fatores pode contribuir para esses

resultados, como por exemplo, a dose de matéria orgânica incorporada e o número de aplicações ao ano, características químicas dos compostos orgânicos, nível de infestação do solo e estrutura da comunidade de nematoides.

Muitos estudos relatam os efeitos ecológicos da incorporação da matéria orgânica ao solo na comunidade de nematoides da vida livre (FERRIS; VENETTE; SCOW, 2004; GEORGIEVA et al., 2005; GEORGIEVA; CHRISTENSEN; STEVNBAK, 2005; GRUVER et al., 2010), indicando aumento, especialmente, na população de nematoides bacteriófagos e micófagos. Do mesmo modo, Briar et al. (2011) relataram maiores abundâncias de bacteriófagos em experimento realizado em ambiente protegido com tomate adubado com esterco bovino; não sendo observada diferença significativa para os outros grupos tróficos.

Outros estudos revelaram que o local de aplicação da matéria orgânica influenciou a estrutura da comunidade de microrganismos do solo (HOLLAND; COLEMAN, 1987). Compostos orgânicos incorporados ao solo suportam maiores populações de bactérias, conseqüentemente, há um aumento na densidade populacional de bacteriófagos; ao contrário, micófagos são favorecidos por compostos deixados na superfície do solo (FU et al., 2000), corroborando dados do presente trabalho.

Segundo Ferris, Bongers e de Goede (2001), a estabilidade ambiental resulta em maiores níveis de estrutura das comunidades de nematoides, sendo as famílias Discolaimidae, Thornenematidae e Qudsianematidae indicadoras de ambientes com comunidades de nematoides melhor estruturadas. Os nematoides pertencentes a essas famílias possuem longo ciclo de vida, corpos largos e produzem poucos, porém grandes ovos (BONGERS; BONGERS, 1998). Além disso, distúrbios ambientais podem levar à ausência dessas famílias em áreas degradadas, poluídas ou intensivamente manejadas (BONGERS, 1999), explicando a ausência de Actinolaimidae, pequeno aumento populacional de Dorylaimídeos e grande diminuição populacional de *Discolaimus* na A2. Na A1, após a aplicação da torta de nim, observou-se a presença de Actinolaimídeos e a dominância de *Discolaimus* foi maior, comparando-se à A2, além de ocorrer maior incremento na densidade populacional de Dorylaimídeos, o que caracteriza maior estabilidade ambiental (GOMES; HUANG; CARES, 2003; GOULART; FERRAZ, 2003) após incorporação de matéria orgânica ao solo.

A dominância significativa dos bacteriófagos ao final do experimento em ambas as áreas sugere um sistema dominado por bactérias com abundantes recursos e rápida

ciclagem de nutrientes, qualidades que são frequentemente associadas a produtividades elevadas (DuPONT; FERRIS; HORN, 2009).

Via de decomposição da matéria orgânica do solo

A relação micófitos/bacteriófitos diz respeito à via de decomposição da matéria orgânica, podendo ser bacteriana ou fúngica (SOHLENIUS; SANDOR, 1987). Valores acima de 1 indicam maior presença de fungos, enquanto que valores abaixo de 1 indicam maior população de bactérias. O valor médio da relação M/B diminuiu em ambas as áreas na segunda coleta, variando de 0,74 para 0,12 na A1 e 0,46 para 0,17 na A2, devido ao aumento da população de bacteriófitos (Tabelas 1 e 2). Vias de decomposição da matéria orgânica por bactérias são mais rápidas em relação as vias controladas por fungos, refletindo a estrutura das comunidades microbianas do solo (LILIANA, 2003). Tong, Xiao e Wang (2010) encontraram valores da ordem de 0,05, sendo muito menores que 0,45 (valor comumente encontrado para áreas de prado, segundo WASILEWSKA, 1994), indicando que há maior presença de bactérias em florestas do Nordeste da China. Cardoso et al. (2012) encontraram valores inferiores para M/B em remanescente de Mata Atlântica ($0,04 \pm 0,18$) quando comparada a área sob intenso cultivo de cana-de-açúcar ($0,30 \pm 0,78$). Portanto, valores baixos podem sugerir maior qualidade edáfica de uma área, visto que áreas de vegetação nativa, onde há pouca intervenção humana, apresentam valores muito baixos de M/B.

Correlações entre crescimento da planta, níveis de infecção das raízes e atributos do solo

As correlações das variáveis de crescimento da planta e dos níveis de infecção das raízes com os atributos físico-químicos do solo (Tabela 3) mostram relações negativas significativas ($p < 0,01$) da altura da planta e diâmetro do caule com a umidade do solo. Isso significa que altos valores de conteúdo de água no solo influenciam negativamente o crescimento de plantas de pimentão, pois quanto maior a umidade menor é a aeração do solo, e pode levar a podridão das raízes. Provavelmente, a umidade do solo nas amostras apresentaram baixos valores, pois foram coletadas próximas ao sistema radicular do pimenteiro.

Em alguns estudos, baixas umidades do solo também foram encontradas próximas à zona radicular de culturas como lupino e milho (OSWALD et al., 2008), rabanete (SEGAL et al., 2008) e lupino (CARMINATI et al., 2010). Esse fato pode

explicar as correlações positivas entre a umidade do solo em ambas as coletas e o peso da raiz ($p < 0,01$). Oswald et al. (2008) atribuíram os baixos valores de umidade do solo à maior rapidez de absorção da água pelas raízes, o que favorece seu desenvolvimento. Contudo, diferenças entre as umidades do solo de pontos localizados próximos e distantes da zona radicular devem ser mais profundamente estudadas, visto que autores encontraram maiores umidades do solo em pontos próximos a raízes de soja (NAKANISHI et al., 2005) e milho (TUMLINSON et al., 2008) ou nenhuma diferença significativa entre os locais de coleta (PIERRET; KIRBY; MORAN, 2003).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis físicas e químicas do solo, variáveis de desenvolvimento da planta e nível de infecção das raízes do pimenteiro no início (i) e ao final (f) do experimento no semiárido Pernambucano.

	UMIi	UMIf	POROi	CO _f	CEi	CEf	Mgi	Mgf
Alt		-0,44 ^b	-0,21 ^a		-0,34 ^b		-0,36 ^b	
Diam	-0,28 ^b	-0,48 ^b			-0,36 ^b		-0,34 ^b	-0,20 ^a
Peso raiz (g)	0,31 ^b	0,39 ^b		0,32 ^b	0,33 ^b	0,22 ^a	0,32 ^b	
	Cai	Kf	Nai	Naf	Areia	Argila	Silte	AG
Alt	-0,30 ^b		-0,26 ^b		0,42 ^b	-0,37 ^b	-0,40 ^b	0,39 ^b
Diam	-0,26 ^a		-0,34 ^b		0,47 ^b	-0,46 ^b	-0,42 ^b	0,46 ^b
Peso raiz (g)	0,25 ^a	-0,22 ^a	0,28 ^b	0,25 ^a	-0,44 ^b	0,40 ^b	0,41 ^b	-0,42 ^b
	AF	CCO ₂ i	CCO ₂ f	pHi	pHf	Peso raiz		
Alt	-0,24 ^a	0,22 ^a	-0,22 ^a					
Diam	-0,32 ^b		-0,36 ^b					
Peso raiz (g)	0,28 ^b	-0,36 ^b		-0,24 ^a				
Galhas				0,28 ^b	0,31 ^b	0,22 ^a		
Ovos					0,26 ^a	0,20 ^a		
Ovos g ⁻¹ raiz			0,26 ^b	0,26 ^b	0,25 ^a			

UMI – Umidade do solo (g g^{-1}); PORO - Porosidade total do solo ($\text{cm}^{-3} \text{cm}^{-3}$); CO – Carbono orgânico (dag kg^{-1}); CE – Condutividade Elétrica (dS m^{-1}); sais solúveis: Mg – Magnésio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$), Ca – Cálcio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$), K – Potássio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) e Na – Sódio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$); AG – Areia grossa (g kg^{-1}); AF – Areia fina (g kg^{-1}); CCO₂ – Evolução C-CO₂ (mg CO_2); Alt – Altura da planta (cm); Diam – Diâmetro do caule (cm); ^a – significativo a 5%; ^b – significativo a 1%.

Outros atributos físicos do solo que influenciaram negativamente o crescimento dos pimenteiros analisadas foram as frações granulométricas areia fina, silte e argila ($p < 0,01$) e, positivamente, frações areia e areia grossa ($p < 0,01$). Tracy et al. (2013) avaliaram o crescimento do sistema radicular de tomates cultivados em colunas de dois tipos de solo, franco-argiloso e areia franca, com diferentes gradientes de densidade do solo ($\text{DS} = 1,2\text{-}1,6 \text{ g.cm}^{-3}$) e concluíram que as raízes apresentaram comportamentos de

crescimento diferenciados: nos solos com maior proporção de partículas finas, o crescimento foi maior nas densidades a partir de $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$; enquanto que para solos mais arenosos, o melhor desenvolvimento se deu em menores densidades do solo, contradizendo os resultados encontrados no presente trabalho (Tabela 3). Apesar das áreas experimentais apresentarem solos de textura franco arenosa areia franca, o crescimento da planta não foi prejudicado pelas altas densidades do solo das áreas (valores médios da DS são da ordem de $1,76-1,78 \text{ g.cm}^{-3}$, *dados não mostrados*). Essa diferença pode ser explicada por diferenças genotípicas e fenotípicas entre o tomate e o pimentão, mesmo pertencendo à mesma família botânica (Solanaceae), e pelas condições do experimento.

Ao contrário do crescimento do pimenteiro, o peso da raiz apresentou correlação positiva com areia fina, silte e argila ($p < 0,01$) e negativa com areia e areia grossa ($p < 0,01$), (Tabela 3). De acordo com Batey e McKenzie (2006), quando partículas grosseiras em solos arenosos são compactadas, há maior impedimento ao crescimento das raízes. Em solo predominantemente argilosos ou siltosos, as partículas são agrupadas com maior proximidade, porém um maior volume total de espaços porosos permanece, permitindo o crescimento de raízes mais facilmente (White, 2006).

Quanto aos sais solúveis, sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) correlacionaram-se negativamente com a altura da planta ($p < 0,01$) e o diâmetro do caule ($p < 0,01$; $p < 0,05$; $p < 0,01$, respectivamente) e positivamente com o peso da raiz ($p < 0,01$; $p < 0,05$; $p < 0,01$, respectivamente). A condutividade elétrica (CE) apresentou as mesmas correlações dos sais solúveis, o que é coerente, pois esta é um indicativo da presença destes sais. O potássio (K^+) correlacionou-se negativamente com o peso da raiz ($p < 0,05$), (Tabela 3).

Com base nas correlações acima podemos inferir que a presença de sais solúveis no solo prejudicou o desenvolvimento da parte aérea do pimenteiro enquanto favoreceu o desenvolvimento das raízes, exceto para o K^+ . Essa assertiva está de acordo com Aktas, Abak e Cakmak (2006), ao afirmar que plantas sob estresse salino têm crescimento e desenvolvimento reduzido em diferentes estágios fisiológicos.

No presente trabalho a influência negativa da condutividade elétrica (CE) e teores dos sais mais abundantes (Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , dados não apresentados) foi mais proeminente aos 7 dias após o transplântio do pimentão, possivelmente devido ao menor porte das plantas e à adaptação das mesmas às condições edafo-climáticas. Efeito adverso à planta aos 68 dias após o transplântio do pimenteiro ocorreu entre o Mg^{2+} e o

diâmetro do caule. Segundo Cakmak e Kirkby (2008), Mg está envolvido em processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, afetando o crescimento e desenvolvimento das mesmas. Ainda segundo os autores citados anteriormente, a redução do crescimento das raízes é uma das primeiras reações das plantas à deficiência de Mg. Riga e Anza (2003) observaram redução do crescimento de raízes de pimenteira quando sob deficiência de Mg, corroborando dados do presente trabalho, onde foi observado que altos teores de Mg^{2+} favoreceram aumento no peso de raízes. Vale salientar que a absorção de Mg^{2+} pelas plantas é severamente inibida por fatores abióticos como altas temperaturas e seca (GRANSEE; FÜHRS, 2012), condições presentes em áreas semiáridas como a do experimento, o que pode estar prejudicando a absorção desse elemento, e talvez de outros nutrientes, reduzindo o crescimento das plantas.

Os níveis de infecção das raízes do pimenteiro pelo nematoide endoparasita *Meloidogyne* (galhas, ovos, ovos/g raiz) correlacionaram-se com o potencial hidrogeniônico do solo (Tabela 3). O pH médio das áreas analisadas variou de 6,48 a 6,98 (dados não mostrados) e as galhas e os ovos de *Meloidogyne* foram influenciados positivamente por este parâmetro ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente).

O pH do solo é considerado um dos principais parâmetros físico-químicos do solo responsável pelo controle da distribuição e a atividade biológica do solo, e também afeta a composição das comunidades e as interações animais/microrganismos (KILLHAM, 1994). Entretanto, diferentes grupos taxonômicos e espécies podem reagir de diferentes formas.

Nematoides parasitos de plantas podem sobreviver em uma ampla variação de pH (RUESS; FANKE, 1992). Por exemplo, o gênero *Pratylenchus*, adaptado a diversas condições, é favorecido pelo pH do solo de acordo com a espécie e a planta hospedeira (CASTILLO; VOVLAS, 2007). Por outro lado, juvenis do segundo estágio (J2) de nematoides do gênero *Meloidogyne* mostraram preferência por pH entre 4,5 e 5,4 (WANG; BRUENING; WILLIAMSON, 2009), enquanto, em outro estudo, Melakenerhan et al. (2004) relataram maior grau de infecção desse nematoide em pH alto, indicando que esse gênero é mais bem adaptado a pH do solo mais alcalino, corroborando dados do presente trabalho, visto que houve maior número de ovos, galhas e ovos g^{-1} raiz com o aumento do pH (Tabela 3).

No presente estudo, o efeito adverso do nematoide das lesões (*Pratylenchus*) pode ter sido mais evidente que o efeito do nematoide das galhas (*Meloidogyne*) devido

à sua maior abundância no final do experimento, considerando a população total nas duas áreas.

A altura da planta correlacionou-se negativamente com os nematoides endoparasitas ($p < 0,01$), mais especificamente com o gênero *Pratylenchus* ($p < 0,05$) (dados não mostrados). Haougui, Sarr e Djibey (2013) relataram a presença de vários gêneros endoparasíticos na cultura de pimentão nas regiões Diffa e Dosso na Nigéria, levando à murcha das plantas ou à morte antes da frutificação. Os autores concluíram que medidas de controle contra nematoides parasitos de planta são importantes para o cultivo de hortaliças.

As correlações entre as variáveis físicas, químicas e nematológicas encontram-se na Tabela 4. Dentre as variáveis, o carbono orgânico (CO) se destacou, obtendo maior número de correlações, sendo a mais alta com o gênero *Ditylenchus* ($r = 0,37$, $p < 0,01$). Considerando que o CO é um indicativo de matéria orgânica no solo, alguns estudos relatam que a decomposição da matéria orgânica incorporada ao solo beneficia a propagação de fungos, bactérias e nematoides predadores, inimigos naturais dos nematoides parasitos de planta, além da produção e liberação de substâncias tóxicas (OLIVEIRA et al., 2005). As correlações positivas entre CO e micófagos (*Aphelenchus* e *Ditylenchus*), bacteriófagos (*Rhabditidae* e *Amphidelus*), onívoros (*Dorylaimida*) e predadores (*Mononchus*) encontradas no presente trabalho corroboram essa assertiva.

Em contrapartida, o CO correlacionou-se positivamente com os parasitos de planta (*Meloidogyne*, *Paratrichodorus* e *Trichodorus*), e apresentou correlação negativa com o micófago *Aphelenchoides*. O aumento do CO pode ter sido favorável aos nematoides parasitos de planta devido a maior disponibilidade de nutrientes provenientes da rápida decomposição de resíduos vegetais incorporados ao solo (STOCKMANN et al., 2013). Assim, melhores condições nutricionais levam a um maior crescimento das raízes, servindo de ótima fonte de alimentos para os parasitos de planta.

Tabela 4. Matriz de correlação de Pearson entre variáveis físico-químicas e nematológicas associadas à cultura do pimentão no semiárido Pernambucano

	DS	U	PO	DP	Areia	Silte	Argila	AG	AF	CO	CE	Mg	Ca	K	Na	pH
Cric							0.21 ^b	-0.22 ^b	0.20 ^b							
Melo										0.22 ^b						
Heli		0.22 ^b		-0.14 ^a												
Rhab		0.14 ^a			-0.15 ^a					0.30 ^b					0.20 ^b	
Tyle																
Aphe	-0.16 ^a	0.18 ^a								0.16 ^a	-0.20 ^b				0.16 ^a	
Ceph															0.16 ^a	
Dory		0.25 ^b								0.20 ^b						
Xiph	0.16 ^a		-0.18 ^b													
Roty						0.21 ^b	-0.24 ^b	0.22 ^b	-0.21 ^b				0.15 ^a			
Pris						0.24 ^b	-0.23 ^b	0.19 ^b	-0.18 ^a				0.15 ^a			
Aphe2										-0.16 ^a					-0.22 ^b	
Disc					0.18 ^b		-0.15 ^a	0.15 ^a	-0.16 ^a							
Hemi												0.20 ^b	0.23 ^b	0.17 ^a		0.21 ^b
Parat				0.15 ^a						0.17 ^a						
Trich		0.15 ^a								0.31 ^b						
Mono		0.14 ^a			-0.16 ^a					0.14 ^a						
Amph										0.26 ^b						
Dity										0.37 ^b						
Quini			-0.15 ^a													
Nygo				0.14 ^a												
Actino															0.19 ^b	
Monhy											0.15 ^a					
BAC					-0.16 ^a					0.30 ^b					0.21 ^b	
MIC	-0.16 ^a	0.17 ^a			-0.18 ^a					0.24 ^b						
ONI		0.23 ^b								0.20 ^b						
VL		0.17 ^a			-0.16 ^a					0.33 ^b					0.22 ^b	

Total	0.15 ^a	-0.16 ^a	0.32 ^b	0.22 ^b
<p>Cric – Criconematidae; Melo – <i>Meloidogyne</i>; Heli – <i>Helicotylenchus</i>; Rhab – Rhabditida; Tyle – <i>Tylenchulus</i>; Aphe – <i>Aphelenchus</i>; Ceph – Cephalobidae; Dory – Dorylaimida; Xiph – <i>Xiphinema</i>; Roty – <i>Rotylenchulus</i>; Pris – <i>Prismatolaimus</i>; Aphe2 – <i>Aphelenchoides</i>; Disco – <i>Discolaimus</i>; Hemi – <i>Hemicycliophora</i>; Parat – <i>Paratrichodorus</i>; Trich – <i>Trichodorus</i>; Mono – <i>Mononchus</i>; Amphi – <i>Amphidelus</i>; Dity – <i>Ditylenchus</i>; Quini – <i>Quinisulcius</i>; Nygo – <i>Nygolaimus</i>; Actino – Actinolaiminae; Monhyst – Monhysteridae; BACT – Bacteriófagos; MICO – Micófagos; ONI – Onívoros; VL – Nematoides de vida livre; DS – Densidade do solo (g cm⁻³); UMI – Umidade do solo (g g⁻¹); PO – Porosidade total do solo (cm³ cm⁻³); DP – Densidade de partículas (g cm⁻³); Areia (g kg⁻¹); Silte (g kg⁻¹); Argila (g kg⁻¹); AG – Areia grossa (g kg⁻¹); AF – Areia fina (g kg⁻¹); CO – Carbono orgânico (dag kg⁻¹); CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS m⁻¹); sais solúveis: Mg – Magnésio (mmol_c L⁻¹), Ca – Cálcio (mmol_c L⁻¹), K – Potássio (mmol_c L⁻¹) e Na – Sódio (mmol_c L⁻¹); pH – Potencial hidrogeniônico; ^a – significativo a 5%; ^b – significativo a 1%.</p>				

Em revisão taxonômica, Nickle (1970) cita fitoparasitismo, predação e micofagismo como hábitos alimentares dos gêneros da superfamília Aphelenchoidea. Chanu, Mohilal e Shah (2012) também consideram Aphelenchoidídeos como micófagos, parasitos de planta ou predadores, porém afirmam que a maioria das espécies são micófagas. Yu e Tsay (2004) documentaram *Aphelenchoides besseyi* como uma praga usual de *Asplenium nidus*, uma espécie vegetal cultivada em Twain. Devido à correlação negativa com o CO₂, é possível que as espécies encontradas na área experimental sejam parasitos de planta e que tenham sido mais prejudicadas pela adição de matéria orgânica.

O teor de sódio solúvel (Na) foi o atributo químico do solo que apresentou mais correlações com os grupos taxonômicos de nematoides, apresentando correlações positivas com as famílias Rhabditida ($p < 0,01$), Cephalobidae ($p < 0,05$), Actinolaiminae ($p < 0,01$), o gênero *Aphelenchus* ($p < 0,05$), e os bacteriófagos, vida livre e nematoides totais ($p < 0,01$). Wright (1983) descreve os mecanismos de receptores sensoriais em nematoides e relata que as subunidades do colar ciliar podem ser sítios de permeabilidade seletiva a íons.

Wright (1983) também sugere que estímulos podem causar fluxo de Na⁺ e Ca²⁺ através do colar ciliar, corroborando com os dados do presente trabalho. Porém estímulos podem ser diferentes a nível de gênero, visto que Godefroid et al. (2013) encontraram forte correlação positiva para *Helicotylenchus* e Na⁺ (3,4 mmol_c kg⁻¹) e, no presente trabalho, enquanto que *Aphelenchoides* apresentou correlação negativa a concentração média de 18,54 mmol_c L⁻¹ ($p < 0,01$, dados não mostrados), indicando que altas concentrações de Na⁺ podem ser tóxicas a alguns gêneros de nematoides.

Rotylenchulus, *Hemicycliophora* e *Prismatolaimus* foram correlacionados com o teor de cálcio solúvel (Ca). Estudos na Ásia Central reportam que grupos tróficos de nematoides respondem diferentemente às concentrações de Ca²⁺. Shukurov, Pen-Mouratov e Steinberger (2006) observaram maior abundância de bacteriófagos e menor de onívoros+predadores em solo com altos teores de Ca²⁺. Pen-Mouratov, Shukurov e Steinberger (2010) observaram que o Ca²⁺ apresentou correlações positivas com fitoparasitas e onívoros+predadores em áreas poluídas e sob pastagem na Ásia Central, corroborando dados do presente trabalho.

Contudo, Pen-mouratov, Shukurov e Steinberg (2010) encontraram correlações negativas para bacteriófagos e positivas para micófagos e Ca²⁺ em diferentes tipos de formações terrestres. Diante disso, pode-se inferir que análises das respostas de

nematoides às concentrações de Ca^{2+} devem ser feitas a nível de gênero e não a nível de grupo trófico.

Vários atributos edáficos, a exemplo da textura, umidade e densidade do solo, afetam a densidade populacional e dinâmica e a distribuição de nematoides (MONFORT et al., 2007; TONG; XIAO; WANG, 2010; BRIAR et al., 2011). Sohlenius (1985) observou que mudanças na temperatura ou conteúdo de água no solo geram respostas específicas para cada *taxon*. No presente experimento, a umidade do solo correlacionou-se com vários grupos taxonômicos de nematoides, sendo todas as correlações positivas. Destacam-se a maior correlação com a ordem Dorylaimida ($r = 0,25$, $p < 0,01$) e as menores com a ordem Rhabditida e gênero *Mononchus* ($r = 0,14$, $p < 0,05$).

Nematoides dependem do filme de água adsorvido às partículas sólidas do solo para movimentação, trocas gasosas, alimentação e prevenção de estresse hídrico (KEITH et al., 2009). Com relação à textura do solo, nematoides de vida livre apresentaram correlações negativas com a areia devido a menor capacidade de retenção de água das partículas mais grosseiras do solo (ANDRADE; STONE, 2011), exceto para *Discolaimus*, pois esse gênero é caracterizado por nematoides grandes e longos que necessitam de maiores poros para se locomover, corroborando as correlações negativas com AF e Argila (Tabela 4).

Efeitos da aplicação de nim

O crescimento das plantas de pimentão, expresso pela altura da planta e pelo diâmetro do caule, apresentaram diferença significativa após aplicação do nim (Tabela 5), indicando que a incorporação ao solo de matéria orgânica favorece o desenvolvimento de plantas de pimentão no semiárido. Vale salientar que os valores de crescimento apresentados no presente trabalho poderiam ter sido maiores se a salinidade do solo (Tabela 6) estivesse abaixo ou igual à salinidade limiar para a cultura do pimentão ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$, HOFFMAN; MAAS, 1977).

Um dos efeitos diretos da adição de extratos vegetais, como a torta de nim, é o aumento da atividade microbiana e a proliferação de certos microrganismos do solo (GRUVER et al., 2010). Os nematoides afetam a ciclagem de nutrientes por se alimentar de fungos e bactérias, aumentando os nutrientes disponíveis às plantas na solução do solo (AKHTAR; MALIK, 2000; CARRASCOSA; SÁNCHEZ-MORENO; ALONSO-PRADO, 2014), servindo como função reguladora por aumentar a produção

primária, principalmente de nitrogênio assimilável (INGHAM et al., 2009). Ao mesmo tempo, a adição de materiais orgânicos melhoram a estrutura do solo e, conseqüentemente, a capacidade de retenção de água e troca de cátions, promovendo o crescimento de raízes (AKHTAR; MALIK, 2000). Esses fatores contribuem para um melhor crescimento da planta e corroboram os resultados do presente trabalho. Entretanto, essas respostas podem depender da espécie vegetal, da dosagem aplicada, das condições edafoclimáticas e da comunidade microbiana presente em determinada áreas.

Khalil (2013) cita que a Azadirachtina, princípio ativo do nim, promoveu crescimento da planta de diferentes culturas. Ingham et al. (2009) encontraram maior crescimento de *Bouteloua gracilis* quando bacteriófagos e micófitos estavam presentes no solo. Trifonova e Atanasov (2011) observaram maior crescimento (parte área + raízes) de batatas infestadas por *Globodera rostochiensis* quando submetidas à aplicação de óleo de nim em conjunto com extratos de *Nicotiana tabacum*. Djajadi e Hidayah (2010) observaram maior altura de plantas de pinhão-manso em solos arenosos com incorporação de resíduos de *Crotalaria juncea* quando comparada ao controle, atribuindo à maior retenção de água pela matéria orgânica adicionada aos solos. Contudo, Agbenin et al. (2005) não observou diferenças significativas em tomateiros tratados com extratos aquosos de folhas de nim. A partir dos resultados apresentados, pode-se inferir que o efeito de extratos de nim são diferentes para cada espécie e a região onde ela é cultivada.

Tabela 5. Variáveis de crescimento do pimenteiro em junho de 2013, 41 dias após a aplicação da torta de nim (4 t ha⁻¹), no semiárido Pernambucano

Manejo aplicado	Altura da planta (cm)	Diâmetro do caule (cm)
Com nim	38,4647 a	1,1133 a
Sem nim	32,9849 b	0,9253 b

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

Na área com aplicação de nim ocorreram as maiores densidades populacionais médias para a família Criconematidae e ordem Rhabditida, 77,36 e 453,32, respectivamente, no final do experimento (Tabela 6); comportamento inverso ao dos gêneros parasitos de planta *Paratrichodorus* e *Trichodorus*, que apresentaram as menores densidades populacionais médias (0,72 e 0,65, respectivamente). Na região de

Dosso na Nigéria, caracterizada por clima de estepe subtropical com solos arenosos, Haougui, Sarr e Djibey (2013) *Trichodorídeos* são encontrados infectando o pimenteiro. Segundo os autores, a presença desses nematoides é preocupante, pois espécies da família *Trichodoridae* são vetores de vírus para *Solanáceas*, podendo prejudicar indiretamente o desenvolvimento do pimenteiro. A adição da torta de nim, portanto, pode servir como medida ecologicamente viável para o controle de *Trichodorus* e *Paratrichodorus* na região de Dosso, visto que diminuiu significativamente a densidade populacional dos referidos gêneros na área de estudo.

Os tipos de culturas de cobertura apresentam estímulos diferentes para a microbiota e mesobiota do solo. Gruver et al. (2010) observaram que resíduos de colza e centeio incorporados ao solo favorecem em maior grau o aumento da população de fungos, enquanto que os resíduos de rabanete favorecem as populações bacterianas. Ferris, Sánchez-Moreno e Brennan (2012) avaliaram o efeito de culturas de cobertura incorporadas ao solo (leguminosas+centeio, mostarda, centeio e controle – sem incorporação) na dinâmica populacional de nematoides em áreas cultivadas com vegetais (brócolis, alface e espinafre) na Califórnia, EUA e concluíram que houve aumento na abundância de nematoides bacteriófagos e micófagos nos tratamentos com incorporação de resíduos vegetais, não havendo diferença entre o tipo de resíduo e a abundância desses grupos tróficos.

Esses estudos corroboram o presente trabalho, pois também foi observado aumento na densidade populacional de bacteriófagos ($p < 0,01$), especialmente *Rhabditídeos* ($p < 0,01$), e um aumento, embora não significativo, da população de micófagos após a aplicação da torta de nim na A1. Diferença significativa foi detectada para nematoides de vida livre ($p < 0,01$) e total de nematoides ($p < 0,05$) entre as duas Áreas (Tabela 6).

Tabela 6. Variação da densidade populacional de nematoides e atributos físicos e químicos do solo em áreas sob cultivo de Pimentão no semiárido Pernambucano, em relação à aplicação de torta de nim.

Tratamento	Cric	Melo	Praty	Heli	Rhab	Tyle	Aphe
com nim	77.36	10.28	76.10	7.34	453.32	0.29	41.74
sem nim	22.36	34.22	15.20	18.31	243.33	0.38	40.91
Pr > F	0.0401*	0.1445	0.7023	0.3936	0.0007**	0.9652	0.3939
Trat	Ceph	Dory	Roty	Pris	Aphe2	Disc	Parat
com nim	51.69	38.41	33.91	4.75	0.38	1.57	0.72

sem nim	31.17	37.31	18.00	8.09	0.80	0.70	5.36
Pr > F	0.3509	0.9535	0.3647	0.8811	0.9157	0.3536	0.0129*
Trat	Trich	ENDO	ECTO	PP	BAC	MIC	ONI
com nim	0.65	86.68	129.19	215.86	515.27	61.52	40.75
sem nim	12.24	49.81	79.71	129.52	286.45	59.51	37.31
Pr > F	0.0052**	0.6699	0.7298	0.8881	0.0010**	0.9931	0.8897
Trat	PRE	VL	Total	DS	U	PO	CCO2
com nim	5.42	622.96	837.32	1.76	0.08	0.34	9.80
sem nim	5.00	388.27	517.79	1.75	0.09	0.35	14.98
Pr > F	0.7511	0.0038**	0.0148*	0.5284	<0.0001**	0.3729	0.0002**
Trat	CO	CE	Mg	Ca	K	Na	pH
com nim	0.54	2.83	5.42	10.25	3.33	12.02	6.48
sem nim	0.68	3.18	5.95	10.76	2.92	17.66	6.57
Pr > F	0.0416*	0.2655	0.8072	0.6271	0.2208	0.0130*	0.0412*

Cric – Criconematidae; Melo – *Meloidogyne*; Praty – *Pratylenchus*; Heli – *Helicotylenchus*; Rhab – Rhabditida; Tyle – *Tylenchulus*; Aphe – *Aphelenchus*; Ceph – Cephalobidae; Dory – Dorylaimida; Roty – *Rotylenchulus*; Pris – *Prismatolaimus*; Aphe2 – *Aphelenchoides*; Disco – *Discolaimus*; Parat – *Paratrichodorus*; Trich – *Trichodorus*; ENDO – Endoparasitos; ECTO – Ectoparasitos; PP – Parasitos de planta; BAC – Bacteriófagos; MICO – Micófagos; ONI – Onívoros; PRE – Predadores; VL – Nematoides de vida livre; DS – Densidade do solo (g cm⁻³); UMI – Umidade do solo (g g⁻¹); PORO – Porosidade total do solo (cm³ cm⁻³); CCO2 – Evolução C-CO₂ (mg CO₂); CO – Carbono orgânico (dag kg⁻¹); CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS m⁻¹); sais solúveis: Mg – Magnésio (mmol_c L⁻¹), Ca – Cálcio (mmol_c L⁻¹), K – Potássio (mmol_c L⁻¹) e Na – Sódio (mmol_c L⁻¹); pH – Potencial hidrogeniônico; * - significativo a 5%; ** - significativo a 1%.

Considerados os nematoides mais importantes economicamente, os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* apresentaram densidade populacionais menor e maior, respectivamente, ao fim do período experimental, porém não foi constatada diferença significativa. Vários estudos, contudo, indicam efeito supressor sobre os parasitos de planta após diferentes fontes de matéria orgânica ser incorporadas ao solo (AKHTAR; MALIK, 2000; OKA, 2010; KHALIL, 2013). Collange et al. (2011) citam três mecanismos principais da ação de compostos orgânicos contra nematoides: i) aumentam a resistência das plantas aos nematoides por aumentar a capacidade do solo de reter água e nutrientes, ii) liberam compostos específicos com possíveis ações nematicidas e iii) estimulam a atividade microbiana do solo, aumento a população de microrganismos antagonistas a nematoides fitoparasitos.

Muitos desses estudos são realizados em ambientes protegidos, sobretudo com espécies de nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) infectando pimentão ou tomate (ambas da família Solanaceae) e extratos de nim (*A. indica*), como agente supressor. Akhtar e Mahmood (1996) observaram maior redução de parasitos de planta quando se aplicou torta de nim em plantas de tomates, em contraste com aplicação de fava, esterco e uréia e o tratamento controle. Oka et al. (2007) observaram que o efeito de

formulações de extratos de nim era mais eficiente quando em conjunto com adições de outras matérias orgânicas, mesmo apresentando efeito nematicida em doses superiores a $0,05 \text{ g kg}^{-1}$ (equivalente a $0,17 \text{ g kg}^{-1}$ quando usados no campo). Lynn et al. (2010) avaliou o efeito da azadirachtina, composto ativo do nim, e formulação de nim líquidas e sólidas na mobilidade de J2 de *Meloidogyne hapla* e observaram maior efeito para os tratamentos de azadirachtina na dose de 10 ppm e formulação líquida a 1% após 1 dia de exposição e formulação sólida a 3,3% após 2 dias de exposição. Gravanis et al. (2011) observaram descréscimo no número de J2 vivos com o aumento da dosagem de formulação de nim, contudo a dosagem de 50% causou fitotoxicidade em plantas de tomate cultivadas em ambiente protegido.

Alguns pesquisadores avaliaram o efeito de extratos de nim em outros nematoides parasitos de planta e em outras culturas. Oliveira et al. (2005) não encontrou efeito supressivo significativo de óleo de nim ($2,0 \text{ L ha}^{-1}$) para redução de *Pratylenchus brachyurus* em cana-de-açúcar, mesmo com adição de torta de filtro. Chaves et al. (2009), avaliando o efeito de diferentes doses de óleo de nim e de torta de filtro, associados ou não, em condição de campo naturalmente infestado com *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus zae* no estado de Pernambuco, observaram que a aplicação de óleo de nim na dose de 4 L ha^{-1} tem efeito positivo no controle de *P. zae* nas raízes de cana-de-açúcar, e concluíram que o manejo desse nematoides pode ser feito com eficácia para a determinada dose. Contudo, Kosma et al. (2011) verificaram melhor efeito supressor do pó de sementes de nim sob populações de *Radopholus similis* em bananeiras. Já Silva et al. (2008) verificaram que extratos aquosos de nim foram mais eficazes no controle de *Heterodera glycines* em soja.

Resultados similares para o controle de nematoides fitoparasitas foram encontrados utilizando outras espécies vegetais como fonte de matéria orgânica. Utilizando extratos das folhas de *Cannabis sativa* L. e *Zanthoxylum alatum* Roxb., Mukhtar, Kayani e Hussain (2013) e Kayani, Mukhtar e Hussain (2012) encontraram efeito deletério na população de *M. incognita* infestando pepino. Os autores concluíram que a utilização dos extratos provenientes de *C. sativa* e *Z. alatum* podem ser utilizados em substituição a nematicidas sintéticos. Cavoski et al. (2012), utilizando *Melia azedarach* L., planta da mesma família do nim (Meliaceae), observaram que o controle de *M. incognita* em pepino é devido ao efeito nematicida de *M. azedarach*, à reduzida atividade de enzimas antioxidantes e ao aumento da defesa da planta hospedeira. Taye, Sakhuja e Tefera (2012) avaliou o efeito de oito espécies de plantas sob a inibição da

eclosão de ovos e formação de galhas de *M. incognita* em tomates sob ambiente protegido. Os autores concluíram que os extratos de calêndula mexicana e lantana foram os compostos mais supressivos, porém extratos de folha e sementes de nim a 3% também foram eficientes, porém em menor proporção.

É conhecido que a adição de matéria orgânica, como esterco e resíduos vegetais, melhoram a qualidade do solo por diminuir a densidade, aumentar a capacidade de retenção de água e melhorar as taxas de infiltração (GOPINATH et al., 2008, 2009). Ao contrário do esperado, a umidade do solo foi maior na área sem a aplicação da torta de nim, apresentando diferença significativa ($p < 0,01$, Tabela 6). Diferenças nas condições edafo-climáticas podem facilitar ou prejudicar a retenção de água no solo. Plantas em regiões áridas e semiáridas apresentam alta evapotranspiração devido às altas temperaturas do ar, o que pode ter levado à diminuição da umidade do solo na A1, pois as plantas estavam maiores e necessitavam absorver maior quantidade de água. Solos de textura arenosa apresentam alta permeabilidade (ANDRADE; STONE, 2011), infiltrando mais rapidamente a água da chuva ou de irrigação, que solos argilosos; a A1 possui maior teor de areia e menor de argila comparando-se à A2, o que pode explicar a menor umidade média do solo encontrada no presente trabalho para a área com aplicação da torta de nim.

Entre os atributos químicos do solo, a evolução C-CO₂ ($p < 0,01$), o CO ($p < 0,05$), o teor de Na⁺ solúvel ($p < 0,05$) e o pH ($p < 0,05$) também apresentaram menores valores na área com incorporação da torta de nim (Tabela 6). Apesar de ter aumentado tanto na A1 quanto na A2, a evolução C-CO₂ foi mais significativa na última. Esse comportamento pode ser devido a maior população de microrganismos na segunda área, onde não houve manejo para controle de nematoides fitoparasitos, fazendo com que as comunidades microbianas aumentassem desordenadamente. A aplicação de derivados do nim aumenta a população de certos organismos, em detrimento de outros (GRUVER et al., 2010), balanceando, assim, as comunidades microbianas na área, levando a um aumento controlado da atividade microbiana. Além disso, o aumento de nematoides de vida livre, como evidenciado para A1 (Tabela 6), reflete num decréscimo natural da atividade microbiana (PEN-MOURATOV; SHUKUROV; STEINBERGER, 2010).

Houve diminuição dos teores de CO em ambas as áreas, 32% e 34% para A1 e A2, respectivamente (dados não mostrados). A condição inicial para o solo da A1 já mostrava baixos teores de CO, enquanto que a A2, inicialmente, apresenta CO acima

de 1 dag kg⁻¹ (dados não mostrados). Portanto, pode-se dizer que o cultivo de pimentão levou a perdas de CO em ambas as áreas, porém a adição de torta de nim contribuiu para menores perdas na camada de 0,20-0,40 m. Fatores climáticos, edáficos e da cultura podem influenciar na transformação de aditivos orgânicos em matéria orgânica do solo, caracterizando maiores perdas de CO (FLIEßBACH et al., 2007), além da dose (4 toneladas de torta de nim por hectare) aplicada ao solo não ter sido suficiente para afetar os compartimentos de matéria orgânica (KAPAGIANNI et al., 2010) em curto período de tempo (61 dias experimentais). Mais recentemente, Paul et al. (2013) observaram, na camada de 0,15-0,30 m, maior teor de carbono orgânico do solo sob cultivo convencional com retenção de resíduos vegetais quando comparado ao manejo reduzido do solo com retenção de resíduos em Nyabeda, Quênia, corroborando dados do presente trabalho.

Fließbach et al. (2007) observaram variações da reação do solo em Luvisolos tratados e não tratados com esterco compostado e dejetos suínos sob cultivo orgânico e convencional. As maiores variações no pH do solo foram observadas nos tratamentos sem fertilização ou com fertilizantes minerais, seguidas dos tratamentos com esterco+dejetos suínos, todos sob cultivo convencional. Os cultivos orgânicos apresentaram as menores variações, com o tratamento com esterco+dejetos suínos na maior dosagem apresentando pH quase constante durante os 21 anos experimentais. Menezes e Silva (2008), trabalhando com Neossolo Regolítico da Paraíba, Brasil, observaram grande redução do pH quando *Crotalaria juncea* L. foi incorporada ao solo em relação ao controle. Bonilla et al. (2012) relata que a qualidade e a quantidade da matéria orgânica afetam as propriedades físico-químicas do solo, portanto a dosagem aplicada no presente trabalho foi suficiente para alterar, mesmo que levemente, o pH do solo em relação à testemunha (Tabela 6).

O sal solúvel Na⁺ foi o mais abundante em ambas as áreas no final do experimento (Tabela 6), porém o teor final foi significativamente maior (p<0,05) na A2 (sem aplicação do nim). A diferença entre o valor médio inicial (dados não mostrados) e o valor médio final para os teores de Na⁺ na A1 e na A2 foram 3,8 mmol_c L⁻¹ e 11,01 mmol_c L⁻¹, respectivamente, sugerindo que as plantas da A2 absorveram mais Na⁺ durante o período de 61 dias. Acumulação de Na⁺ foi encontrada em diferentes partes de plantas de pimentão sob estresse salino (AKTAS; ABAK; ÇAKMAK, 2006; AZUMA et al., 2010). Levando-se em consideração que ambas as áreas apresentavam CE acima do tolerável para pimentão (CE > 1,5 dS m⁻¹) (Maas, 1986), porém a CE apresentava-se

maior durante todo o experimento na A2, acredita-se que o estresse salino provocou a maior absorção desse íon na segunda área experimental.

CONCLUSÕES

- A incorporação de torta de nim favoreceu o crescimento do pimenteiro e afetou a população de nematoides, negativamente os parasitos de planta e positivamente os bacteriófagos.

- Em área sem incorporação da torta de nim ao solo, altas densidades populacionais de *Rotylenchulus* afeta negativamente o crescimento do pimenteiro no semiárido;

- A torta de nim promoveu efeito supressivo nos gêneros *Paratrichodorus* e *Trichodorus*.

- A família Criconematidae e a ordem Rhabditida foram os taxa mais beneficiados pela aplicação de torta de nim.

- O período entre a aplicação da torta de nim e última amostragem não foi suficiente para detectar mudanças nas propriedades físicas do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADAL, P.; AURY, J. M.; CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E. G.; DELEURY, E.; PERFUS-BARBEOCH, L.; ANTHOUARD, V.; ARTIGUENAVE, F.; BLOK, V. C.; CAILLAUD, M. C.; COUTINHO, P. M.; DA SILVA, C.; DE LUCA, F.; DEAU, F.; ESQUIBET, M.; FLUTRE, T.; GOLDSTONE, J. V.; HAMAMOUCHE, N.; HEWEZI, T.; JAILLON, O.; JUBIN, C.; LEONETTI, P.; MAGLIANO, M.; MAIER, T. R.; MARKOV, G. V.; MCVEIGH, P.; PESOLE, G.; POULAIN, J.; ROBINSON-RECHAVI, M.; SALLET, E.; SÉGURENS, B.; STEINBACH, D.; TYTGAT, T.; UGARTE, E.; VAN GHELDER, C.; VERONICO, P.; BAUM, T. J.; BLAXTER, M.; BLEVE-ZACHEO, T.; DAVIS, E. L.; EWBANK, J. J.; FAVERY, B.; GRENIER, E.; HENRISSAT, B.; JONES, J. T.; LAUDET, V.; MAULE, A. G.; QUESNEVILLE, H.; ROSSO, M. N.; SCHIEX, T.; SMANT, G.; WEISSENBACH, J.; WINCKER, P. Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. **Nature Biotechnology**, Nova Iorque, v. 26, n. 8, p. 909-915, 2008.

ABBASI, P. A.; RIGA, E.; CONN, K. L.; LAZAROVITS, G. Effect of neem cake soil amendment on reduction of damping-off severity and population densities of plant-parasitic nematodes and soilborne plant pathogens. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Londres, v. 27, n. 1, p. 38-45, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. ABCSEM. **Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2010/2011**. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/docs/direitos_reservados.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2014.

ADAMOU, H.; MAMADOU, A.; ADAMOU, B.; ALI, D.; TOUDOU, A. On-farm testing of Savanem 20 EC (Ethoprophos) for control of plant parasitic nematodes associated with pepper (*Capsicum annuum*) in Tillaberi (Niger). **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 4, p. 83-87, 2013.

AGBENIN, N. O.; EMECHEBE, A. M.; MARLEY, P. S.; AKPA, A. D. Evaluation of nematicidal action of some botanicals on *Meloidogyne incognita* in vivo and in vitro. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, Witzenhausen, v. 106, n. 1, p. 29-39, 2005.

AKHTAR, M. Biological control of plant-parasitic nematodes by neem products in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 7, n. 3, p. 219-223, 1998.

AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 243-247, 1996.

AKHTAR, M. Nematicidal potential of the neem tree *Azadirachta indica* (A. Juss). **Integrated Pest Management Reviews**, Nova Iorque, v. 5, n. 1, p. 57-66, 2000.

AKHTAR, M.; MALIK, A. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: A review. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 35-47, 2000.

AKTAS, H.; ABAK, K.; CAKMAK, I. Genotypic variation in the response of pepper to salinity, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 110, n. 3, p. 260-266, 2006.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 111-116, 2011.

AZUMA, R.; ITO, N.; NAKAYAMA, N.; SUWA, R.; NGUYEN, N. T.; LARRINAGA-MAYORAL, J. A.; ESAKA, M.; FUJIYAMA, H.; SANEOKA, H. Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 125, n. 3, p. 171-178, 2010.

BATEY, T.; MCKENZIE, D. C. Soil compaction: identification directly in the field. **Soil Use and Management**, Bedfordshire, v. 22, n. 2, p. 123-131, 2006.

BONGERS, T. The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. **Plant and Soil**, Nova Iorque, v. 212, p. 13-22, 1999.

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

BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 239-251, 1998.

BONILLA, N.; GUTIÉRREZ-BARRANQUERO, J. A.; VICENTE, A.; CAZORLA, F. M. Enhancing soil quality and plant health through suppressive organic amendments. **Diversity**, Basel, v. 4, n. 4, p. 465-491, 2012.

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers**. Vegetable and Spice Capsicums. 2 ed. Cambridge: CABI, 2012. 230p.

BOUWMAN, L. A.; ARTS, W. B. M. Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 213-222, 2000.

BRIAR, S. S.; MILLER, S. A.; STINNER, D.; KLEINHENZ, M. D.; GREWAL, P. S. Effects of organic transition strategies for peri-urban vegetable production on soil properties, nematode community, and tomato yield. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 47, n. 2, p. 84-91, 2011.

CAKMAK, I; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiologia Plantarum**, Helsinki, v. 133, n. 4, p. 692-704, 2008.

CARDOSO, M.O.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SILVA, E.F.F.; BARROS, P.Â. Effects of soil mechanical resistance on nematode community structure under conventional sugarcane and remaining of Atlantic Forest. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 6, p. 3529-3544, 2012.

CARMINATI, A.; MORADI, A. B.; VETTERLEIN, D.; VONTOBEL, P.; LEHMANN, E.; WELKER, U.; VOGEL, H.; OSWALD, S. E. Dynamics of soil water content in the rhizosphere. *Plant and Soil*, Nova Iorque, v. 332, n. 1-2, p. 163-176, 2010.

CARRASCOSA, M.; SÁNCHEZ-MORENO, S.; ALONSO-PRADO, J. L. Relationships between nematode diversity, plant biomass, nutrient cycling and soil suppressiveness in fumigated soils, **European Journal of Soil Biology**, Londres, v. 62, 2014.

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. **Nematology Monographs and Perspectives 6**, *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. Leiden: Brill, 2007. 530p.

CAVOSKI, I.; CHAMI, Z. A.; BOUZEBBOUDJA, F.; SASANELLI, N.; SIMEONE, V.; MONDELLI, D.; MIANO, T.; SARAI, G.; NTALLI, N. G.; CABONI, P. *Melia azedarach* controls *Meloidogyne incognita* and triggers plant defense mechanisms on cucumber. **Crop Protection**, Nova Iorque, v. 35, p. 85-90, 2012.

CHANU, L. B.; MOHILAL, N.; SHAH, M. M. Two new species of *Aphelenchoides* (Nematoda: Aphelenchida: Aphelenchoidea: Aphelenchidae) from Manipur, India. **Biologia**, Varsóvia, v. 67, n. 3, p. 530-534, 2012.

CHAUDHARY, K. K.; KAUL, R. K. Compatibility of *Pausteria penetrans* with fungal parasite *Paecilomyces lilacinus* against root-knot nematode on Chilli (*Capsicum annum* L.). **South Asian Journal of Experimental Biology**, Nova Déli, v. 1, n. 1, 2012.

CHAVES, A.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. P.; MARANHÃO, S. R. V. L.; OLIVEIRA, M. K. R. S. Utilização de produtores alternativos no manejo de nematoides da cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 3, p. 260-264, 2009.

COLLANGE, B.; NAVARRETE, M.; PEYRE, G.; MATEILLE, T.; TCHAMITCHIAN, M. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. **Crop Protection**, Nova Iorque, v. 30, n. 10, p. 1251-1262, 2011.

CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R. **Levantamento detalhado de solos da Fazenda Nossa Senhora do Rosário (Pesqueira-PE)**. Recife: UFRPE/UFPE/CNPq/BNB. 2001. 35p. (Relatório Técnico).

DJAJADI; HIDAYAH, N. Changes in physical properties of sandy soil and growth of physic nut (*Jatropha curcas* L.) due to addition of clay and organic matter. **Indonesian Journal of Agriculture**, Tóquio, v. 3, n. 2, p. 116-120, 2010.

DJIBEY, R. **Characterization of parasitic nematodes communities associated with pepper in the Diffa and Dosso regions and Reaction of two landraces of pepper and *Pasteuria penetrans* to *Meloidogyne* sp. in greenhouse**. 2012. Dissertação (Mestrado) - AGRHYMET Regional Centre, Niamey, 2012.

DuPONT, S. T.; FERRIS, H.; HORN, M. V. Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 157-167, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA-CNPq: Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA.

Cultivares, 2012. Disponível em:

<http://www.cnph.embrapa.br/paginas/sistemas_producao/cultivo_da_pimenta/cultivares.htm>. Acesso em: 23 mar. 2014

FERRIS, H.; BONGERS, T.; de GOEDE, R. G. M. A framework for soil food web diagnostics: extension of nematode faunal analysis concept. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 13-29, 2001.

FERRIS, H.; VENETTE, R. C.; SCOW, K. M. Soil management to enhance bacterivores and fungivores nematode populations and their nitrogen mineralization function. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 19-35, 2004.

FERRIS, H.; SÁNCHEZ-MORENO, S.; BRENNAN, E. B. Structure, functions and interguild relationships of the soil nematode assemblage in organic vegetable production. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 61, 16-25, 2012.

FLIEBBACH, A.; OBERHOLZER, H.; GUNST, L.; MÄDER, P. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 118, n. 1-4, p. 273-284, 2007.

FU, S.; COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F.; CROSSLEY JUNIOR, D. A. Responses of trophic groups of soil nematodes to residue application under conventional tillage and no-till regimes. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 32, n. 11, p. 1731-1741, 2000.

GEORGIEVA, S.; CHRISTENSEN, S.; PETERSEN, H.; GJELSTRUP, P.; THORUP-KRISTENSEN, K. Early decomposer assemblages of soil organisms in litterbags with vetch and rye roots. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 37, n. 6, p. 1145-1155, 2005.

GEORGIEVA, S.; CHRISTENSEN, S.; STEVNBÄK, K. Nematode succession and micro-fauna-microorganism interactions during root residue decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 37, n. 10, 2005.

GHOSH, S.; WILSON, B.; GHOSHAL, S.; SENAPATI, N.; MANDAL, B. Organic amendments influence soil quality and carbon sequestration in the Indo-Gangetic plains of India. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 156, p. 134-141, 2012.

GILREATH, J. P.; SANTOS, B. M.; MOTIS, T. N.; NOLING, J. W.; MIRUSSO, J. M. Methyl bromide alternatives for nematode and *Cyperus* control in bell pepper (*Capsicum annuum*). **Crop Protection**, Nova Iorque, v. 24, n. 10, p. 903-908, 2005.

de GOEDE, R. G. M.; BONGERS, T. Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.1, n. 1, p. 29-44, 1994.

GODEFROID, M.; DELAVILLE, L.; MARIE-LUCE, S.; QUÉNÉHERVÉ, P. Spatial stability of a plant-feeding nematode community in relation to macro-scale soil properties. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 57, p. 173-181, 2013.

GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. Nematode community. trophic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 258-266, 2003.

GOPINATH, K. A.; SAHA, S.; MINA, B. L.; PANDE, H.; SRIVASTVA, A. K.; GUPTA, H. S. Bell pepper yield and soil properties during conversion from conventional to organic production in Indian Himalayas. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 122, n. 3, p. 339-345, 2009.

GOPINATH, K. A.; SAHA, S.; MINA, B. L.; KUNDU, S.; PANDE, H.; GUPTA, H. S. Influence of organic amendments on growth, yield, and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Nova Iorque, v. 82, n. 1, p. 51-60, 2008.

GOULART, A. M. C.; FERRAZ, L. C. C. B. Comunidades de nematóides em Cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. **Nematologia Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 123-128, 2003.

GRANSEE, A.; FÜHRS, H. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. **Plant and Soil**, Nova Iorque, v. 368, n. 1-2, p.5-21, 2013.

GRAVANIS, F. T.; VAGELAS, I. K.; LEONTOPOULOS, S. V.; NATSIPOULOS, D. Nematicidal effects of *Azadirachta indica* seed extract on *Meloidogyne* spp. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Rosemead, v. 1, n. 1A, p. 136-141, 2011.

GRISI, B. M. Método químico de medição de respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 82-88, 1978.

- GRUVER, L. S.; WEIL, R. R.; ZASADA, I. A.; SARDANELLI, S.; MOMEN, B. Brassicaceous and rye cover crops altered free-living soil nematode community composition. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.45, n. 1, p. 1-12, 2010.
- HAIR, J. E.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. (Eds.). **Análise multivariada de dados**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 593p.
- HAOUGUI, A.; SARR, E.; DJIBEY, R. Biodiversity of plant-parasitic nematodes associated with pepper in the regions of Diffa and Dosso (Niger republic). **International Journal of Farming and Allied Sciences**, Peshawar, v. 2, n. 15, p. 482-487, 2013.
- HOLLAND, E. A.; COLEMAN, D. C. Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem. **Ecology**, Nova Iorque, v. 68, n. 2, p. 425-433, 1987.
- INGHAM, R. E.; TROFYMOW, J. A.; INGHAM, E. R.; COLEMAN, D. C. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. **Ecological Monographs**, Nova Iorque, v. 55, n. 1, p. 119-140, 2009.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Florida, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.
- JIANG, Y.; SUN, B.; JINM C.; WANG, F. Soil aggregate stratification of nematodes and microbial communities affects the metabolic quotient in an acid soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Brisbane, v. 60, p. 1-9, 2013.
- JONES, F. G. W.; THOMASSON, A. J. Bulk density as an indicator of pore space in soils usable by nematodes. **Nematologica**, Leiden, v. 22, p. 133-137, 1976.
- KAPAGIANNI, P. D.; BOUTSIS, G.; ARGYROPOULOU, M. D.; PAPANTHEODOROU, E. M.; STAMOU, G. P. The network of interactions among soil quality variables and nematodes: short-term responses to disturbances induced by chemical and organic disinfection. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 44, n. 1 p. 67-74, 2010.
- KAYANI, M. Z.; MUKHTAR, T.; HUSSAIN, M. A. Evaluation of nematicidal effects of *Cannabis sativa* L. e *Zanthoxylum alatum* Roxb. against root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*. **Crop Protection**, Nova Iorque, v. 30, p. 52-56, 2012.

KEITH, A. M.; BROOKER, R. W.; OSLER, G. H. R.; CHAPMAN, S. J.; BURSLEM, D. F. R. P.; WAL, R. Strong impacts of belowground tree inputs on soil nematode trophic composition. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 41, p. 1060-1065, 2009.

KHALIL, M. S. Abamectin and Azadirachtin as eco-friendly promising biorational tools in integrated nematodes management programs. **Journal of Plant Pathology and Microbiology**, Los Angeles, v. 4, n. 4, p. 1000174, 2013.

KILLHAM, K. **Soil Ecology**. Cambridge University Press: Cambridge, 1994. 260p.

KOSMA, P.; AMBANG, Z.; BEGOUDE, B. A. D.; HOOPEN, G. M. T.; KUATE, J.; AKOA, A. Assessment of nematicidal properties and phytochemical screening of neem seed formulations using *Radopholus similis*, parasitic nematode of plantain in Cameroon. **Crop Protection**, Nova Iorque, v. 30, n. 6, p. 733-738, 2011.

LILIANA, R. Nematode soil faunal analysis of decomposition pathways in different ecosystems. **Nematology**, Florida, v. 5, n. 2, p. 179-181, 2003.

LYNN, O. M.; SONG, W.; SHIM, J.; KIM, J.; LEE, K. Effects of Azadirachtin and Neem-based formulations for the control of sweetpotato whitefly and root-knot nematode. **Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry**, Nova Iorque, v. 53, n. 5, p. 598-604, 2010.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, Nova Iorque, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.

MALHOTRA, A.; AGARWAL, T.; TRIVEDI, P. C. Screening of some chilli cultivars for their resistance against *Meloidogyne incognita*. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 136-142, 2012.

MAY, W. F.; MULLIN, P. G.; LYON, H. H.; LOEFFLE, K. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. Cornell University Press: Ithaca, 1996. 277p.

McELDERRY, C. F.; BROWNING, M.; AMADOR, J.A. Effect of short-chain fatty acids and soil atmosphere on *Tylenchorhynchus*. **Journal of Nematology**, Florida, v. 37, n. 1, pp. 71-77, 2005.

MECKELMANN, S. W.; RIEGEL, D. W.; van ZONNEVELD, M. J.; RÍOS, L.; PEÑA, K.; UGAS, R.; QUINONEZ, L.; MUELLER-SEITZ, E; PETZ, M. Compositional

characterization of native Peruvian chili peppers (*Capsicum* spp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, p. 2530-2537, 2013.

MELAKENERHAN, H.; DEY, J.; BALIGAR, V. C.; CARTER, T. E. Effect of soil pH on the pathogenesis of *Heterodera glycines* and *Meloidogyne incognita* on *Glycine max* genotypes. **Nematology**, Florida, v. 6, n. 4, p. 585-592, 2004.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 251-257, 2008.

MOMMA, N.; YAMAMOTO, K.; SIMANDI, P.; SHISHIDO, M. Role of organic acids in the mechanisms of biological soil disinfestations (BSD). **Journal of General Plant Pathology**, Heidelberg, v. 72, n. 4, p. 247-252, 2006.

MONFORT, W. S.; KIRKPATRICK, T. L.; ROTHROCK, C. S.; MAUROMOUSTAKOS, A. Potential for site-specific management of *Meloidogyne incognita* in cotton using soil textural zones. **Journal of Nematology**, Florida, v. 39, n. 1, p. 1-8, 2007.

MUKHTAR, T.; KAYANI, M. Z.; HUSSAIN, M. A. Nematicidal activities of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb. against *Meloidogyne incognita*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 42, p. 447-453, 2013.

NAKANISHI, T. M.; OKUNI, Y.; HAYASHI, Y.; NISHIYAMA, H. Water gradient profiles at bean plant roots determined by neutron beam analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Nova Iorque, v. 264, n. 2, p. 313-317, 2005.

NICKLE, W. R. A taxonomic review of the genera of the Aphelenchoidea (Fuchs, 1937) Thorne, 1949 (Nematoda: Tylenchida). **Journal of Nematology**, Florida, v. 2, n. 4, p. 375-392, 1970.

NICOL, J. M.; TURNER, S. J.; COYNE, D. L.; NIJS, L.; HOCKLAND, S.; MAAFI, T. Z. Current nematode threats to world agriculture. In: JONES, J.; GHEYSEN, G.; FENOLL, C. (Eds.) **Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions**. Springer, 2011. p. 21-43.

OKA, Y.; TKACHI, N.; SHUKER, S.; YERUMIYAHU, U. Enhanced nematicidal activity of organic and inorganic ammonia-releasing amendments by *Azadirachta indica* extracts. **Journal of Nematology**, Florida, v. 39, n. 1, p. 9-16, 2007.

- OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments – A review. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 44, n. 2, p. 101-115, 2010.
- OLIVEIRA, F. S.; ROCHA, M. R.; REIS, A. J. S.; MACHADO, V. O. F.; SOARES, R. A. B. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematoide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 171-178, 2005.
- OPPERMAN, C.H.; BIRD, D. M.; WILLIAMSON, V. M.; ROKHSAR, D. S.; BURKE, M.; COHN, J.; CROMER, J.; DIENER, S.; GAJAN, J.; GRAHAM, S.; HOUFEK, T. D.; LIU, Q.; MITROS, T.; SCHAFF, J.; SCHAFFER, R.; SCHOLL, E.; SOSINSKI, B. R.; THOMAS, V. P.; WINDHAM, E. Sequence and genetic map of *Meloidogyne hapla*: A compact nematode genome for plant parasitism. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 105, n. 39, p. 14802-14807, 2008.
- OSWALD, S. E.; MENON, M.; CARMINATI, A.; VONTOBEL, P.; LEHMANN, E.; SCHULIN, R. Quantitative imaging of infiltration, root growth, and root water uptake via neutron radiography. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 7, n. 3, p. 1035–1047, 2008.
- OUMAROU, A. H. **Characterization of parasitic nematodes of Solanacea in the suburban area of Niamey**. 2010. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - University of Ouagadougou, Burkina Faso, 2010.
- PAUL, B. K.; VANLAUWE, B.; AYUKE, F.; GASSNER, A.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T. T.; KOALA, S.; LELEI, D.; NDABAMENYE, T.; SIX, J.; PULLEMAN, M. M. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 164, p. 14-22, 2013.
- PEN-MOURATOV, S.; SHUKUROV, N.; STEINBERGER, Y. Soil free-living nematodes as indicators of both industrial pollution and livestock activity in Central Asia. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 10, n. 5, p. 955-967, 2010.
- PIERRET, A.; KIRBY, M.; MORAN, C. Simultaneous X-ray imaging of plant root growth and water uptake in thinslab systems. **Plant and Soil**, Nova Iorque, v. 255, n. 1, p. 361–373, 2003.
- REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; PEREIRA, A. S. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. I. Crescimento vegetativo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1517-1526, 2002.

RICH, J. R.; BRITO, J. A.; KAUR, R.; FERRELL, J. A. Weed species as hosts of *Meloidogyne*: a review. **Nematropica**, Flórida, v. 39, p. 157-185, 2009.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. U.S. Department of Agriculture: Washington, DC, 1954. 160p. (Manual de Agricultura, 60).

RIGA, P.; ANZA, M. Effect of magnesium deficiency on pepper growth parameters: implications for determination of magnesium-critical value. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 26, n. 8, p. 1581-1593, 2003.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nemtoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, 2006.

RUESS, L.; FUNKE, W. Effects of experimental acidification on nematode populations in soil culture. **Pedobiologia**, Amsterdam, v. 36, n. 4, p. 231–239, 1992.

SANTOS, K.S., MONTENEGRO, A.A.A., ALMEIDA, B.G., MONTENEGRO, S.M.G.L., ANDRADE, T.S., FONTES JÚNIOR, R.V.P. Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 828-835, 2012.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. SAS INSTITUTE. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**. Version 9.2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2008. 584p.

SCHROEDER, J.; THOMAS, S. H.; MURRAY, L. Yellow and purple nutsedge and chile peppers host southern root-knot nematode. **Weed Science**, Lawrence, v. 41, p. 150-156, 1993.

SEGAL, E.; KUSHNIR, T.; MUALEM, Y.; SHANI, U. Microsensing of water dynamics and root distributions in sandy soils. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 7, n. 3, p. 1018–1026, 2008.

SHUKUROV, N.; PEN-MOURATOV, S.; STEINBERGER, Y. The influence of soil pollution on soil microbial biomass and nematode community structure in Navoiy Industrial Park, Uzbekistan. **Environmental International**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 1-11, 2006.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.231-241, 2008.

SOHLENIUS, B. Influence of climatic conditions on nematode coexistence a laboratory experiment with a coniferous forest soil. **Oikos**, Saint Gallen, v. 44, p. 430-438, 1985.

SOHLENIUS, B.; SANDOR, A. Vertical distribution of nematodes in arable soil under grass (*Festuca pratensis*) and barley (*Hordeum distichum*). **Biology and Fertility of Soils**, Amsterdam, v. 3, n. 1-2, p. 19-25, 1987.

STOCKMANN, U.; ADAMS, M. A.; CRAWFORD, J. W.; FIELD, D. J.; HENAKAARCHCHI, N.; JENKINS, M.; MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B.; COURCELLES, V. R.; SINGH, K.; WHEELER, I.; ABBOTT, L.; ANGERS, D. A.; BALDOCK, J.; BIRD, M.; BROOKES, P. C.; CHENU, C.; JASTROW, J. D.; LAL, R.; LEHMANN, J.; O'DONNELL, A. G.; PARTON, W. J.; WHITEHEAD, D.; ZIMMERMANN, M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 164, p. 80-99, 2013.

TAYE, W.; SAKHUJA, P. K.; TEFERA, T. Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) management using botanicals in tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Academia Journal of Agricultural Research**, Leeds, v. 1, n. 1, p. 9-16, 2013.

THODEN, T. C.; KORTHALS, G. W.; TERMORSHUIZEN, A. J. Organic amendments and their influences on plant-parasitic and free-living nematodes: a promising method for nematode management? **Nematology**, Florida, v. 13, p. 133-153, 2011.

TONG, F.; XIAO, Y.; WANG, Q. Soil nematode community structure on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China. **Journal of Forestry Research**, Nova Iorque, v. 21, n. 1, p. 93-98, 2010.

TRACY, S. R.; BLACK, C. R.; ROBERTS, J. A.; MOONEY, S. J. Exploring the interacting effect of soil texture and bulk density on root system development in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 91, p. 38-47, 2013.

TRIFONOVA, Z.; ATANASOV, A. Control of potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* with some plant extracts and neem products. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v. 17, n. 5, p. 623-627, 2011.

TUMLINSON, L. G.; LIU, H.; SILK, W. K.; HOPMANS, J. W. Thermal neutron computed tomography of soil water and plant roots. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 1234–1242, 2008.

WANG, C.; BRUENING, G.; WILLIAMSON, V. M. Determination of preferred pH for root-knot nematode aggregation using Pluronic F-127 Gel. **Journal of Chemical Ecology**, Nova Iorque, v. 35, n. 10, p. 1242-1251, 2009.

WASILEWSKA, L. The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. **Pedobiologia**, Amsterdam, v. 38, p. 1–11, 1994.

WHITE, R.E., **Principles and Practice of Soil Science**. Blackwell Publishing: Oxford, 2006. 384p.

WRIGHT, K. A. Nematode chemosensilla: form and function. **Journal of Nematology**, Florida, v. 15, n. 2, p. 151-158, 1983.

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

YU, P. C.; TSAY, T. T. Occurrence of a foliar nematode disease of fern in Taiwan. **Plant Pathology Bulletin**, Bethesda, v. 13, p. 35-44, 2004.

ZASADA, I. A.; MEYER, S. L.; HALBRENDT, J. H.; RICE, C. Activity of hydroxamic acids from *Secale cereale* against the plant-parasitic nematodes *Meloidogyne incognita* and *Xiphinema americanum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 95, n. 10, p. 1116–1121, 2005.

ANEXOS



Figura 1: Vista aérea da área cultivada com pimentão, em bacia representativa do agreste Pernambucano, em Pesqueira – PE, pelo Google Earth.



Figura 2: Vista parcial da área experimental na primeira coleta (7 dias após o transplântio do pimentão).



Figura 3: Amostragem de solo com trado de amostra indeformada para análises físicas.

A



B



Figura 4: Abertura dos sulcos (A) e aplicação da torta de nim na área 1, seguindo a linha de cultivo (B).



Figura 5: Vista parcial da área experimental na segunda coleta (68 dias após o transplante do pimentão).



Figura 6: Medição da altura da planta.



Figura 7: Medição do diâmetro do caule, aproximadamente 5 cm acima do solo.



Figura 8: Cultura do pimentão no momento da colheita (durante a segunda coleta).



Figura 9: Vista panorâmica da área experimental, Norte (A) e Sul (B).



Figura 10: Área no momento da colheita (A) e frutos do pimenteiro (B).