



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM FITOPATOLOGIA**

Tese de Doutorado

**Estudo da nematofauna em fragmentos de Mata Atlântica,
Caatinga e em área produtora de coco do Estado de
Pernambuco**

Mariana Ferreira de Lima David

**Recife – PE
2023**

Mariana Ferreira de Lima David

**ESTUDO DA NEMATOFUNA EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA, CAATINGA
E EM ÁREA PRODUTORA DE COCO DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Orientador(a): Lilian Margarete Paes Guimarães

Coorientador(a): Elvira Maria Régis Pedrosa

**RECIFE-PE
ABRIL-2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D250e

David, Mariana Ferreira de Lima

Estudo da nematofauna em fragmentos de Mata Atlântica, Caatinga e em área produtora de coco do Estado de Pernambuco: Levantamento da nematofauna / Mariana Ferreira de Lima David. - 2023.
98 f. : il.

Orientadora: Lilian Margarete Paes Guimaraes.

Coorientadora: Elvira Maria Regis Pedrosa.

Inclui referências.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Recife, 2023.

1. comunidade de nematoides. 2. Cocos nucifera. 3. fitonematoides. 4. litoral. 5. Semiárido. I. Guimaraes, Lilian Margarete Paes, orient. II. Pedrosa, Elvira Maria Regis, coorient. III. Título

CDD 632

**ESTUDO DA NEMATOFAUNA EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA,
CAATINGA E EM ÁREA PRODUTORA DE COCO DO ESTADO DE
PERNAMBUCO**

Mariana Ferreira de Lima David

Tese Defendida e Aprovada pela Banca Examinadora em: 28 / 04 / 2023

ORIENTADOR (A):

Profa. Dra. Lilian Margarete Paes Guimarães

EXAMINADORES:

Dr. José Mauro ds Cunha e Castro (Embrapa Semiárido)

Profa. Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa (Membro interno PPGF)

Profa. Dra. Elineide Barbosa de Souza (Membro interno PPGF)

Profa. Dra. Andréa Cristina Baltar Barros (UNINASSAU)

**RECIFE-PE
ABRIL-2023**

Dedico aos meus pais
Kátia Maria Ferreira de
Lima David e Darlan
Ferreira David.

AGRADECIMENTOS

O Doutorado foi um dos maiores desafios da minha vida. Foram quatro anos de aprendizado, dedicação e muitos obstáculos vencidos. Não poderia concluir mais uma etapa de minha carreira profissional sem a ajuda e colaboração de algumas pessoas.

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a vida e sua divina proteção, por me dar saúde e força para superar as dificuldades, sempre renovando minha fé.

Aos meus pais Kátia Maria Ferreira de Lima David e Darlan Ferreira David, por todo amor, paciência, incentivo, apoio e dedicação.

Aos meus demais familiares, por todo incentivo dado durante os anos do doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, seu corpo docente, direção e administração.

À CAPES, pela concessão da Bolsa de Pesquisa.

À minha orientadora, Profa. Dra. Lilian Margarete Paes Guimarães, muito obrigada pela contribuição dada para minha formação profissional e pessoal.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa.

Ao Dr. José Mauro da Cunha e Castro, por toda ajuda e conhecimentos passados em campo e disponibilidade para formação de parceria com Hélio Rodrigues (PepsiCo) e com o senhor Audísio Reges (produtor de coco).

Ao meu namorado, José Ailton Cruz Macêdo dos Santos, por todo amor, paciência, atenção em todos os momentos e todo apoio durante o doutorado.

A todos os meus queridos amigos do Laboratório de Fitonematologia (LAFNEMA), em especial: Ivis Andrei (moral), Marilene Lunardi (boy), Aline Fernandes, Joaquim Francisco (filhote), Elves Obede, Gabriel Elias, Maria Gabriela e Maurício Estolano (MauMau), a todos outros, agradeço igualmente.

Às pesquisadoras, Mércia Cardoso, Sandra Maranhão e Thais Vicente, que desde o início da graduação me ensinaram muito do que sei dentro do campo da nematologia.

Ao pessoal do Laboratório de Mecânica de solos e Aproveitamento de Resíduos e Laboratório de Água e Solo, ambos pertencentes ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE.

Aos técnicos em agropecuária Luiz Coelho da Silva (seu Luiz) e Adelmo Santana.

Ao Instituto Ipê, Delogs e Setor de Motoristas, em especial, Kenens Bezerra e João Leopoldino que me acompanharam e deram todo suporte nas viagens para coleta de amostras.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta tese.

SUMÁRIO

	página
RESUMO GERAL.....	7
GENERAL ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO I.....	9
Introdução Geral.....	10
1. Biomas em Pernambuco.....	10
1.1. Bioma Mata Atlântica.....	11
1.2. Bioma Caatinga.....	12
2. A cultura do coqueiro (<i>Cocos nucifera</i> L.).....	13
3. Uso da comunidade de nematoides como bioindicadores da qualidade do solo.....	14
4. Índices ecológicos baseados nas comunidades de nematoides.....	15
5. Nematoides como agentes de doenças de plantas.....	20
6. Referências Bibliográficas.....	22
CAPÍTULO II.....	26
Relações da nematofauna com as propriedades físicas e químicas do solo em plantio de <i>Cocos nucifera</i>	27
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	29
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
RESULTADOS.....	34
DISCUSSÃO.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
CAPÍTULO III.....	63
Relações da nematofauna com os atributos físicos e químicos do solo na Mata Atlântica e Caatinga de Pernambuco.....	64
RESUMO.....	65
ABSTRACT.....	66
INTRODUÇÃO.....	66
MATERIAL E MÉTODOS.....	67
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
CAPÍTULO IV.....	96
CONCLUSÕES GERAIS.....	97

RESUMO GERAL

No Estado de Pernambuco, encontram-se os biomas Caatinga e Mata Atlântica. A Mata Atlântica vem sendo diminuída desde o início da colonização europeia para a implantação de canaviais. O bioma Caatinga é considerado um dos ecossistemas mais ameaçados do Brasil. Em Petrolina-PE, 35% das áreas da Caatinga são revertidas para agropecuária, como por exemplo, a produção de coco. Os nematoides que ocorrem em áreas produtoras de coco são responsáveis pela redução do potencial produtivo. Além da ação parasitária, os nematoides podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade do solo, pois, são sensíveis aos distúrbios edáficos. Desta forma, o estudo teve como objetivos caracterizar a nematofauna e os atributos físicos e químicos do solo nos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga, como também, visou a caracterização da nematofauna e os atributos físico e químicos do solo em área produtora de coco em Petrolina. As amostras de solo foram coletadas ao acaso, distantes 10 m uma da outra. Após coleta, as amostras simples foram separadas para análises físico-químicas e nematológicas. As análises físico-químicas fundamentaram-se em umidade do solo, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, pH, condutividade elétrica do solo, matéria orgânica do solo e estoque de carbono. Os nematoides extraídos do solo foram utilizados para a identificação e quantificação. Os dados foram submetidos à estatística descritiva, análise faunística, análise de escalonamento multidimensional (NMDS), análise de similaridade (ANOSIM), correlação de Pearson e análise de redundância (RDA). Diante disto, concluiu-se neste estudo que a Mata Atlântica, a Caatinga e o plantio comercial de coqueiros apresentaram propriedades, físicas e químicas e composição das comunidades de nematoides distintas. Alguns gêneros de nematoides fitoparasitas que causam grandes problemas na agricultura são encontrados naturalmente em baixa densidade populacional na Caatinga e na Mata Atlântica. O nematoide do gênero *Bursaphelenchus*, causador do anel-vermelho, foi restrito ao plantio de coqueiros. Os atributos do solo como, condutividade elétrica, estoque de carbono e temperatura influenciaram as comunidades de nematoides.

Palavras-chave: comunidade de nematoides, *Cocos nucifera*, fitonematoides, litoral, Semiárido.

GENERAL ABSTRACT

In the State of Pernambuco, there are the Caatinga and Atlantic Forest biomes. The Atlantic Forest has been diminished since the beginning of European colonization for the implantation of sugarcane plantations. The Caatinga biome is considered one of the most threatened ecosystems in Brazil. In Petrolina-PE, 35% of the areas of the Caatinga are reverted to agriculture and livestock, such as coconut production. The nematodes that occur in coconut producing areas are responsible for reducing the productive potential. In addition to the parasitic action, nematodes can be used as bioindicators of soil quality, as they are sensitive to edaphic disturbances. Thus, the study aimed to characterize the nematofauna and the physical and chemical attributes of the soil in the Atlantic Forest and Caatinga fragments, as well as to characterize the nematofauna and the physical and chemical attributes of the soil in a coconut producing area in Petrolina. Soil samples were randomly collected, 10 m apart from each other. After collection, the simple samples were separated for physical-chemical and nematological analyses. The physical and chemical analyzes were based on soil moisture, particle density, soil density, total porosity, pH, soil electrical conductivity, soil organic matter and carbon stock. Nematodes extracted from the soil were used for identification and quantification. Data were submitted to descriptive statistics, faunistic analysis, multidimensional scaling analysis (NMDS), similarity analysis (ANOSIM), Pearson correlation and redundancy analysis (RDA). In view of this, it was concluded in this study that the Atlantic Forest, the Caatinga and the commercial planting of coconut trees had different physical and chemical properties and composition of nematode communities. Some genera of phytoparasitic nematodes that cause major problems in agriculture are naturally found in low population density in the Caatinga and Atlantic Forest. The nematode of the genus *Bursaphelenchus*, which causes the red ring, was restricted to the planting of coconut trees. Soil attributes such as electrical conductivity, carbon stock and temperature influenced nematode communities.

Keywords: nematodes assemblages, *Cocos nucifera*, plant-parasitic nematodes, coast, Semi-arid.

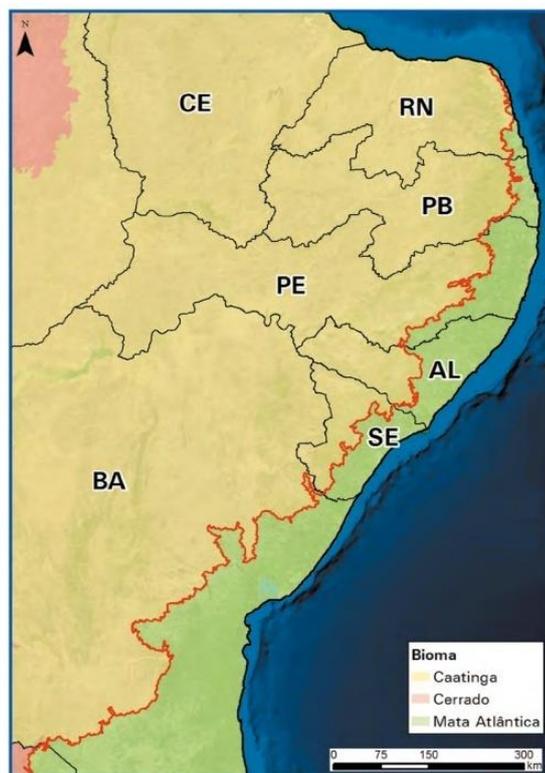
CAPÍTULO I

Introdução Geral

1. Biomas em Pernambuco

O bioma é definido como um conjunto de vida vegetal e animal, constituído por meio do agrupamento de tipos de vegetação que podem ser identificados a nível regional, sob condições de geologia e clima semelhantes, nas quais sofreu os mesmos processos de formação da paisagem que resultou na própria diversidade da fauna e flora (IBGE, 2004). A região Nordeste do Brasil possui quatro diferentes biomas, sendo eles: Cerrado (que abrange o Oeste da Bahia, Piauí e Leste do Maranhão), Floresta Amazônica (Oeste do Maranhão), Mata Atlântica (no Litoral Nordestino) e Caatinga (maior parte). Dentro do Estado de Pernambuco, constam os biomas Mata Atlântica e Caatinga, sendo aproximadamente 17% da área do estado ocupados pela Mata Atlântica e 83%, ocupados, pela Caatinga (IBGE, 2004; IBGE, 2019) (Figura 1).

Figura 1. Limite entre os biomas Mata Atlântica e Caatinga na região Nordeste do Brasil (Fonte: IBGE, 2019).



Em Pernambuco o bioma Mata Atlântica engloba uma grande parte dos municípios litorâneos, tendo os limites, ao norte, com o Estado da Paraíba e, ao sul, com o Estado de Alagoas e adentra a região da Zona da Mata (Mata Norte e Mata Sul) (LIMA, 1998; LIMA, 2007). A zona litorânea engloba os municípios de Goiana, Igarassu, Paulista, Olinda, Recife, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinos, Ipojuca, Sirinhaém, Rio Formoso e Barreiros. Já a Zona da Mata, divide-se em três subzonas (Mata Úmida, Mata Seca e Mata

Serrana) que podem ser encontradas em alguns municípios como: Goiana, Nazaré da Mata, Igarassu, Paulista, Recife, Olinda, Pau d'Alho, São Lourenço da Mata, Moreno, Cabo de Santo Agostinho, Gravatá, Ipojuca, Rio Formoso, Garanhuns, Timbaúba, Aliança, Carpina, Glória do Goitá, (LIMA, 2007). É na subzona da Mata Úmida que se encontra a indústria açucareira de Pernambuco (LIMA, 2007).

A Caatinga é a maior zona fitogeográfica do Estado de Pernambuco e possui duas subzonas: Agreste e Sertão. A subzona do Agreste é caracterizada pela presença abundante de cactáceas e bromeliáceas, podendo encontrada nos municípios de Caruaru, Limoeiro, João Alfredo, Toritama, Riacho das Almas, Gravatá e outros. Já a subzona do Sertão, quando comparada ao Agreste, possui solos rasos, precipitações irregulares, com secas prolongadas e breves chuvas torrenciais, presente nos municípios de Garanhuns, Arcoverde, Buíque, Tacaratu, Custódia, Tabira, São José do Egito, Serra Talhada, Salgueiro, Belém de São Francisco, Cabrobó, Petrolina, entre outros (LIMA, 2007).

1.1 Bioma Mata Atlântica

O bioma Mata Atlântica ocupa parte da faixa do litoral de Norte a Sul do Brasil (do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul). Inicialmente compreendia cerca de 16% do território nacional, ocupando uma área de 1,3 milhões de km², sendo considerada a segunda maior floresta tropical úmida do Brasil, perdendo para a Floresta Amazônica.

Segundo dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2021), a Mata Atlântica é uma das superfícies com ampla biodiversidade mais ameaçada no mundo, restando apenas 12,4% da área original. Deste percentual remanescente, 80% estão em áreas privadas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2021).

De acordo com o IBGE (2019), originalmente 85% do bioma Mata Atlântica era recoberto por formações florestais. A Mata Atlântica é considerada um grande conjunto florestal extra-amazônico, formado por Florestas Ombrófilas (densas, abertas e mistas) e Florestas Estacionais (semidecidual e decidual). Essas florestas apresentam grande variedade na fisionomia e diversidade, no entanto, ainda mantêm uma grande unidade florística (IBGE, 2019).

Dentre os estados do Nordeste brasileiro, a degradação da Mata Atlântica é maior que no restante do País, visto que as áreas deste bioma se encontram fragmentadas e próximas de grandes centros urbanos. Fatores como expansão urbana, desenvolvimento da agropecuária, implantação de infraestrutura e extração de madeiras florestais reduzem ainda mais estes fragmentos (FIDEM, 1987; PERNAMBUCO, 2001). No estado de Pernambuco, este bioma ocupa uma área de 98.067,88 km² (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2021).

Diversas características geográficas do bioma Mata Atlântica favorecem a alta biodiversidade e a ocorrência de espécies importantes (RIBEIRO *et al.*, 2009). Entretanto, a ampla devastação que ocorreu neste bioma fez com que fosse considerado um *hotspot* mundial para esforço na conservação da biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000).

Segundo Lima (1998), a diminuição da Mata Atlântica ocorre desde o período colonial, durante o processo da colonização europeia no século XVI, quando se iniciou o processo da extração do pau-brasil [*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagon E.; Lima H.C.; Lewis, G.P.], espécie nativa e plantio de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), fumo (*Nicotiana tabacum* L.), café (*Coffea arabica* L.) e extração de ouro. Segundo Santos *et al.* (2020), outro fator importante para diminuição deste bioma foi o crescimento populacional dentro da Mata Atlântica. Com a devastação da Mata Atlântica, este ambiente natural perdeu sua estabilidade, uma vez que, a atividade humana interferiu diretamente na paisagem natural.

1.2 Bioma Caatinga

A Caatinga é reconhecida como bioma exclusivamente brasileiro e ocorre em quase toda a região Nordeste do Brasil. Ocupa todo o Estado do Ceará e somente não está presente no Estado do Maranhão (IGBE 2017; IBGE 2019). Este bioma possui grande importância biológica, pois não é encontrado em nenhum outro lugar do mundo (SAMPAIO, 2010).

A vegetação do tipo Savana-Estépica (Caatinga) é predominante (corresponde a 63,3% do total da área da Caatinga), mas também são encontrados outros tipos de vegetação neste bioma, como: Savana (Cerrado), Florestas Ombrófilas, Florestas Estacionais (decidual e semidecidual), Formações Pioneiras (Restingas e Mangues), Refúgios Vegetacionais e áreas de contato entre estes tipos de vegetação (IBGE, 2019).

Em Pernambuco o bioma Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 862.818 km² (IBGE, 2019). Este bioma encontra-se presente na região Semiárida, onde cerca de 80% de toda sua extensão é ocupada pela Caatinga (BRASIL, 2017). O semiárido brasileiro possui características distintas quanto à topografia, solo e regime de chuvas, ou seja, conferem à região ampla diversidade com inúmeras riquezas biológicas quando comparadas com outras regiões semiáridas do mundo (PEREZ-MARIN *et al.*, 2013).

O bioma Caatinga pode ser considerado um dos mais ameaçados do Brasil, pois, grande parte dele já foi bastante modificado para utilização do espaço e ocupação humana de forma desordenada. Atualmente, é o terceiro ecossistema brasileiro mais ameaçado de destruição, menos estudado e compreendido no território nacional (OVERBECK *et al.*, 2015; SEDDON *et al.*, 2016; OLIVEIRA; BERNARD, 2017). De acordo com o Souza *et al.* (2020), 35,2% do bioma Caatinga é coberto pela atividade agropecuária. Entre os anos de 1985 a

2020, o município de Petrolina foi um dos que mais perdeu a vegetação natural da Caatinga (SOUZA et al., 2020). No Semiárido, a agricultura se desenvolve sob forma de ocupação desordenada, sem planejamento, com uso indiscriminado dos recursos naturais e sem levar em consideração o equilíbrio ambiental (EVANGELISTA, 2010).

Na Caatinga, a agricultura existe em diferentes realidades, incluindo perímetros irrigados, sistemas de sequeiro, diferentes portes de propriedades rurais, envolvendo ou não, a criação de animais (GARAGORRY, 2021). Diversas culturas agrícolas podem ser citadas sendo produzidas em áreas de Caatinga, tais como, cana-de-açúcar, cebola (*Allium cepa* L.), alho (*Allium sativum* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), melancia (*Citrullus lanatus* subsp. *vulgaris* (Schrad.) Fursa), banana (*Musa acuminata* Colla), goiaba (*Psidium guajava* L.), manga (*Mangifera indica* L.), mamão (*Carica papaya* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims), coco-da-baía (*Cocos nucifera* L.) e outras (GARAGORRY, 2021).

2. A cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.)

O coqueiro é uma planta pertencente à classe Liliopsida, subclasse Arecidae, ordem Arecales, família Areceae e gênero *Cocos* L. (HARRIES, 1978; SCHOCH et al., 2020). Considera-se, o Sudeste Asiático como centro de origem do coqueiro, provavelmente a Índia ou Sri Lanka, e posteriormente foi introduzido na América Latina, Caribe e África Tropical (ARAGÃO, 2007; FOALE; HARRIES, 2009). Foi introduzido no Brasil, estado da Bahia, no ano de 1553 e possui como sinônimo a denominação coco-da-baía (NUCÉ DE LAMOTHE, 1993).

Segundo dados do levantamento sistemático da produção agrícola do IBGE (2017), a produção total de coco no Brasil equivale a 1,8 bilhões de frutos, com um rendimento médio de 7,2 toneladas por hectare plantado. O Nordeste brasileiro compreende 74,5% de toda a produção de coco nacional com os estados da Bahia, Sergipe, Ceará e Pernambuco produzindo, 552, 237, 187 e 145 mil toneladas, respectivamente.

O aumento da produção nos últimos anos está diretamente relacionado com a abundância de produtos que podem ser originados do coqueiro. Os principais produtos obtidos são coco fresco, coco ralado, água de coco e óleo de coco, pode ser empregado na indústria farmacêutica e com os resíduos, produzir de substrato para mudas e até mesmo produção de biocombustíveis (CHINNAMMA et al., 2015; SAMPAIO et al., 2008). No entanto, a produtividade pode ser afetada por diversos fatores dentre eles, pragas e doenças que possuem potencial gerador de perdas econômicas para os produtores (MARIANO; SILVEIRA, 2016).

Os patógenos que ocorrem nas áreas produtoras são responsáveis por uma redução de aproximadamente 50% do potencial produtivo da cocoicultura (COSTA *et al.*, 2002). As principais doenças do coqueiro, no Brasil, variam de uma região para outra e são amarelecimento fatal, lixa-pequena, queima-das-folhas, resinose, podridão seca e anel-vermelho (FONTES; FERREIRA, 2006).

A doença conhecida como anel-vermelho do coqueiro, e que também ocorre em outras palmáceas nas Américas do Sul e Central, é ocasionada pelo nematoide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb, 1919) Baujard, 1989 (RYSS *et al.*, 2005). Este patógeno é considerado um parasita obrigatório e possui capacidade de se reproduzir nos tecidos de palmeiras infectadas (GERBER; GIBLIN-DAVIS, 1990).

3. Comunidade de nematoides como bioindicadores da qualidade do solo

Os nematoides são considerados os animais mais abundantes e diversificados do planeta e podem ser encontrados distribuídos nos biomas terrestres e aquáticos (van der HOOGEN *et al.*, 2019). Pertencem ao Filo Nematoda e às classes Chromadorea e Enoplea (SCHOCH *et al.*, 2020). É estimada a existência de aproximadamente 1 milhão de espécies de nematoides, das quais 35 mil espécies já foram descritas (DE LEY; BAXTER, 2004).

De acordo com Yeates *et al.* (1993), os nematoides são classificados em oito grupos tróficos, sendo cinco grupos mais importantes: bacteriófagos (alimentam-se de qualquer fonte procariota no solo), micófagos (alimentam-se de hifas fúngicas), predadores (alimentam-se de invertebrados do solo), onívoros (combinação de diferentes tipos de alimentação) e parasitos de plantas (alimentam-se de plantas vasculares).

Em fragmentos de Mata Atlântica, os nematoides onívoros e parasitos de plantas foram mais dominantes (CARDOSO *et al.*, 2015). No bioma Caatinga, os nematoides bacteriófagos e parasitos de plantas foram os grupos com maior dominância (CAIXETA, 2015; BATISTA, 2019; MELO, 2021). No Semiárido pernambucano, nematoides parasitos de plantas já foram relatados ocasionando perdas em diferentes culturas de importância agrícola, por exemplo, espécies de *Meloidogyne* em goiabeira e aceroleira (PEREIRA *et al.*, 2009; SOUSA *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2021) e *B. cocophilus* em coqueiro (CASTRO; LIMA; SANTANA, 2009).

Por serem organismos adaptados aos mais diferentes ecossistemas, os nematoides podem ser afetados pela latitude, clima e tipo de vegetação (SONG *et al.*, 2016). Fatores como porosidade, composição, temperatura, estrutura, teores de umidade e matéria orgânica do solo, já foram identificados como sendo capazes de influenciar diretamente o

comportamento e a vida dos nematoides (WALL; SKENE; NEILSON, 2002; GALLARDO *et al.*, 2015).

De acordo com Tomazini, Ferraz e Monteiro (2008), a abundância e riqueza de táxons na comunidade de nematoides no solo geram índices ecológicos que podem mensurar os níveis de perturbação e a influência dos diferentes grupos de nematoides na realização de diferentes processos no solo. Os nematoides de vida livre possuem funções ecológicas no solo que incluem a decomposição da matéria orgânica, a mineralização de nutrientes e a regulação de micro-organismos (BONGERS; FERRIS, 1999). Por isso, os nematoides de vida livre são utilizados como bioindicadores da qualidade do solo, pois, são bastante sensíveis a distúrbios edáficos (YEATES, 2003).

4. Índices ecológicos baseados nas comunidades de nematoides

Segundo Bongers (1990), os nematoides foram categorizados em uma escada que varia de 1 a 5 e classificados de colonizadores a persistentes, denominada escala c-p (Quadro 1). Aqueles nematoides que toleram ambientes enriquecidos e se multiplicam rapidamente nessas condições são colonizadores (c-p 1). Os nematoides persistentes (c-p 5) são mais sensíveis a poluentes e outras formas de distúrbios ambientais.

Quadro 1. Descrição das unidades da escala colonizador-persistente (c-p).

Escala c-p	Características
c-p 1	São nematoides com ciclo de vida curto em condições ambientais favoráveis; Capazes de produzir muitos ovos, que resulta em um crescimento populacional explosivo; Relativamente tolerantes ao estresse ocasionado por poluição; Possuem alta atividade metabólica quando o ambiente está com alta atividade de organismos oportunistas (bactérias); Formam o estágio <i>dauer larvae</i> à medida que a atividade microbiana é diminuída.
c-p 2	São nematoides com curto ciclo de vida e expressiva taxa de reprodução, no entanto, não formam o estágio <i>dauer larvae</i> ; Podem ocorrer em condições ricas ou pobres de alimentos; Tolerantes a poluentes e outros distúrbios. Principalmente bacteriófagos e micófagos.
c-p 3	São nematoides que apresentam características intermediárias entre as c-p 2 e 4; Ciclo de vida mais longo quando comparados àqueles nematoides c-p 1 e 2; Maior sensibilidade a distúrbios ambientais. Micófagos, bacteriófagos e predadores.

c-p 4	São nematoides com longo ciclo de vida; Possuem cutícula mais permeável e, em consequência, são altamente sensíveis a poluentes.
c-p 5	São nematoides com longo ciclo de vida e baixa taxa de reprodução (baixa produção de ovos, porém grandes); Baixa atividade metabólica e baixa motilidade; Cutícula semipermeável, sendo muito sensíveis a poluentes e outros distúrbios no ecossistema. Predominantemente predadores e onívoros.

Tabela adaptada de Bongers (1990), Martinez (1992), Bongers e Bongers (1998), Ferris, Bongers e De Goede (1999), e Wilson (1999).

De acordo com Bongers (1990), os nematoides parasitos de plantas não podem ser encaixados na escala c-p, pois, por serem parasitas obrigatórios, dependem do estabelecimento das plantas. Os fitonematoides também podem ocorrer em condições de estresse e há indícios que a estratégia de vida destes nematoides não pode ser comparada aos nematoides de vida livre (bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros) (Quadro 2).

Quadro 2. Escalonamento das famílias de nematoides parasitos de plantas (escala p-p) com base na escala c-p.

p-p 2 (H ₂)	p-p 3 (H ₃)	p-p 4 (H ₄)	p-p 5 (H ₅)
	Hoplolaimidae		
Tylenchidae	Pratylenchidae		
Psilenchidae	Heteroderidae		
Paratylenchidae	Meloidogynidae	Trichodoridae	Longidoridae
Anguinidae	Criconematidae		
	Hemicycliophoridae		

Tabela adaptada de Bongers, 1988; Bongers 1990.

Após Bongers e Bongers (1998) observarem que tanto a classificação do grupo de trófico quanto à classificação c-p ocultavam informações relevantes aos estudos de ecologia do solo, foram criadas as guildas funcionais de nematoides. Foi realizado um estudo em que foram integradas as classificações de grupos tróficos (bacteriófagos, micófagos, predadores, onívoros e parasitos de plantas) com as divisões dos grupos c-p, tendo resultado em uma classificação de guildas funcionais com interações fortes dentro de grupos e fracas entre grupos (Quadro 3).

Quadro 3. Diagrama funcional das possíveis combinações entre os grupos tróficos e as estratégias de vida.

Grupo trófico	Classificação c-p				
	1	2	3	4	5
Bacteriófagos (Ba)	Ba ₁	Ba ₂	Ba ₃	Ba ₄	-
Micófagos (Mi)	-	Mi ₂	Mi ₃	Mi ₄	-
Predadores (Pr)	-	-	Pr ₃	Pr ₄	Pr ₅
Onívoros (On)	-	-	-	On ₄	On ₅
Parasitas de plantas (H)	-	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅

Tabela adaptada de Bongers e Bongers (1998)

De acordo com Ferris, Bongers e De Goede (2001), com as guildas funcionais identificadas, foram indicados nematoides associados a cada uma delas. Além de os nematoides que pertencem à mesma guilda funcional possuírem atributos biológicos semelhantes, suas respostas às alterações ambientais também são semelhantes.

Variados índices foram desenvolvidos para avaliar a qualidade ambiental e estrutural da cadeia trófica do solo. Estes índices podem indicar o seu potencial para as funções e serviços dos ecossistemas, com base na abundância relativa das guildas funcionais e estruturais dos nematoides (BONGERS; FERRIS, 1999; FERRIS; BONGERS, 2009).

Visando medir o nível de distúrbio do ambiente, foi elaborado o índice de maturidade (IM) fundamentado na escala c-p (BONGERS, 1990; BONGERS, VAN DER MUELEN; KORTALS, 1997). O índice de maturidade (IM) é calculado por meio da frequência média ponderada da escala c-p para toda a nematofauna, e funciona como critério de avaliação para determinar os níveis de distúrbios a que o ecossistema do solo é submetido. O índice varia de 1 (ecossistemas com altos níveis de distúrbios) a 4 (ecossistemas ecologicamente estáveis (BONGERS, 1990; BONGERS; ALKEMADE; YEATES, 1991; BONGERS; FERRIS, 1999).

Além do IM, foram criados outros índices: índice de maturidade 2-5 (IM₂₋₅) e o índice de parasitos de plantas (IPP). O IM₂₋₅ foi proposto após a retirada dos nematoides oportunistas (c-p 1) (BONGERS *et al.*, 1995). O IPP considera apenas os nematoides parasitos de plantas e é inversamente proporcional ao IM, em condições de enriquecimento, o IPP apresenta maiores valores (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001). O IM, o IM₂₋₅ e o IPP são calculados pela mesma fórmula, cujo valor c-p varia de 1 (colonizador) a 5 (persistentes) do táxon.

Equação para cálculo do IM:

$$IM = \sum_{i=1}^n v(i) \times f(i)$$

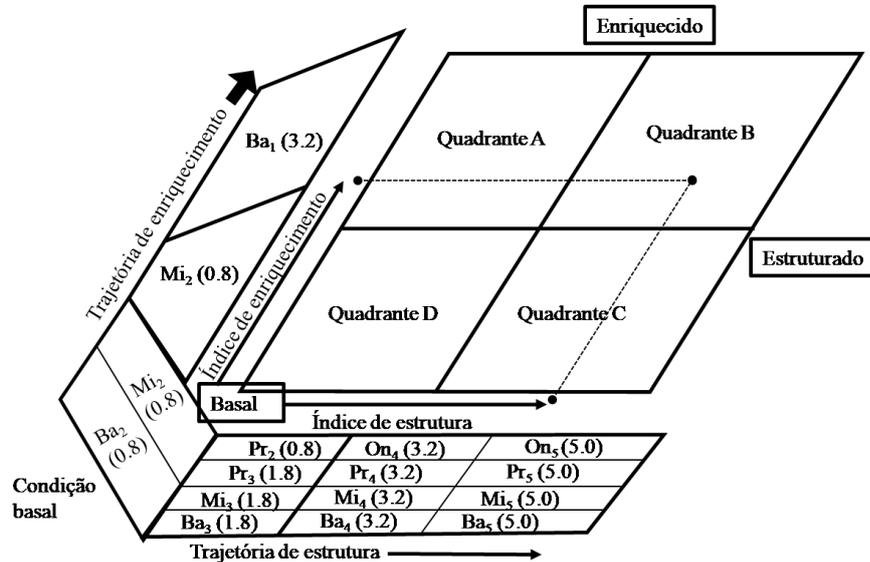
Onde:

$v(i)$: Valor c-p do táxon;

$f(i)$: Frequência do táxon na amostra (gênero ou família)

De acordo com Ferris, Bongers e De Goede (2001), um quadro conceitual foi criado combinando a escala c-p com os hábitos alimentares para aprimorar o IM (Figura 2). Neste quadro, as guildas funcionais dos nematoides originaram o índice de enriquecimento (IE) e o índice de estrutura (IS) que são baseados nas trajetórias de enriquecimento e estrutura da cadeia trófica (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001; FERRIS; VENETTE; SCOW, 2004).

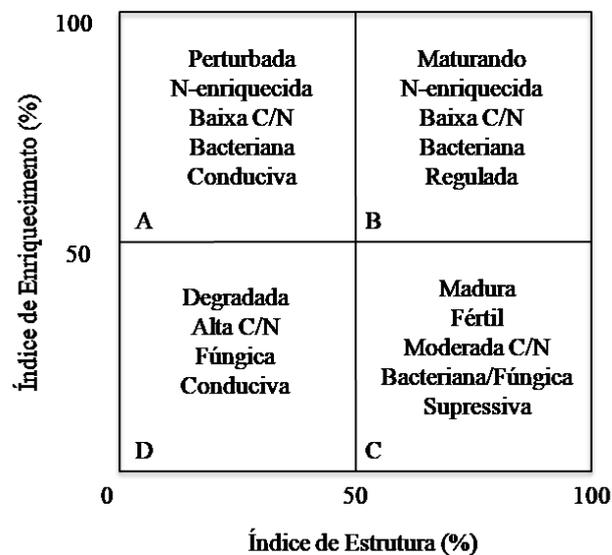
Figura 2. Quadro conceitual que representa a análise faunal (*faunal analysis*) dos nematoides, indicando se a comunidade do solo está enriquecida, mas desestruturada (Quadrante A), enriquecida e estruturada (Quadrante B), limitada em recursos e estruturada (Quadrante C) ou com recursos esgotados e com estrutura mínima (Quadrante D). (Fonte: figura adaptada de Ferris, Bongers e De Goede, 2001).



Onde: Ba_1 : guilda funcional para bacteriófagos com c-p 1; Ba_2 : guilda funcional para bacteriófagos com c-p 2; Ba_3 : guilda funcional para bacteriófagos com c-p 3; Ba_4 : guilda funcional para bacteriófagos com c-p 4; Ba_5 : guilda funcional para bacteriófagos com c-p 5; Mi_2 : guilda funcional para micófagos com c-p 2; Mi_3 : guilda funcional para micófagos com c-p 3; Mi_4 : guilda funcional para micófagos com c-p 4; Mi_5 : guilda funcional para micófagos com c-p 5; Pr_3 : guilda funcional para predadores com c-p 3; Pr_4 : guilda funcional para predadores com c-p 4; Pr_5 : guilda funcional para predadores com c-p 5; On_4 : guilda funcional para onívoros com c-p 4; On_5 : guilda funcional para onívoros com c-p 5.

Os índices IE e IS permitiram criar o perfil faunal que é a representação gráfica bidimensional dos valores médios do IE e IS (Figura 3). Segundo Ferris, Bongers e De Goede (2001), o IE avalia a resposta da cadeia alimentar do solo aos recursos disponíveis e seu valor é alto quando a atividade microbiana aumenta, neste caso, os nematoides micófagos e bacteriófagos predominam na comunidade do solo. Já o IS avalia a qualidade estrutural do solo, ou seja, condição estruturada do solo considerando a abundância das guildas sensíveis (nematoides onívoros e predadores).

Figura 3. Representação gráfica bidimensional dos valores médios do IS e IE (perfil faunal). (Fonte: figura adaptada de Ferris, Bongers e De Goede, 2001).



Cada quadrante representa a condição em que o ambiente encontra-se, por exemplo, o quadrante (A) representa um ambiente em alto grau de distúrbio (perturbado), em enriquecimento de nitrogênio, via de decomposição da matéria orgânica por meio de bactérias e um solo conducivo (ambiente propício ao desenvolvimento de organismos oportunistas) (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001).

O índice basal (IB) se baseia na abundância de nematoides oportunistas e indica uma condição perturbada da cadeia do solo. Valores elevados indicam que a comunidade é composta por nematoides resistentes a perturbações (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001). O índice de canal (IC) indica qual via de decomposição da matéria orgânica no solo é predominante, seja fúngica (altos valores do IC) ou bacteriana (baixos valores do IC) (FERRIS; BONGERS; DE GOEDE, 2001).

O conhecimento e uso das guildas funcionais junto aos índices de maturidade, índice de enriquecimento, índice de estrutura, índice basal e índice de canal, são essenciais para

avaliar a condição da cadeia alimentar do solo. Na maioria dos estudos, têm sido realizados para avaliar a estrutura da nematofauna e a caracterização do ambiente nos sistemas agrícolas.

5. Nematoides como agentes de doenças de plantas

Ainda que os nematoides sejam bons indicadores da qualidade do solo, existe um grupo de organismos constituídos por agentes causais de doenças em plantas e que podem afetar até 100% da produção agrícola quando chegam a dizimar plantios. *Meloidogyne* spp., *Heterodera* spp. e *Globodera* spp., *Pratylenchus* spp., *Radopholus similis*, *Ditylenchus dipsaci*, *Bursaphelenchus xylophilus*, *Rotylenchulus reniformis*, *Xiphinema index*, *Nacobbus aberrans* e *Aphelenchoides besseyi*, podem ser citados mundialmente como os principais nematoides com importância científica e econômica (JONES *et al.*, 2013).

Os nematoides-das-galhas pertencem ao gênero *Meloidogyne* Goeldi (1892) e são os mais importantes para a agricultura mundial. Este gênero possui mais de 100 espécies já descritas e quatro dessas espécies são as mais estudadas e conhecidas por serem as de maior relevância para culturas agrícolas. São elas: *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood (1949), *M. incognita* (Kofoid e White, 1919) Chitwood (1949), *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood (1949) e *M. hapla* Chitwood (1949) (KARSSSEN, 2002; PERRY; MOENS; STAR, 2009; WESEMAEL; VIAENE; MOENS, 2011). No Brasil, também pode ser citada como causadora de problemas para algumas culturas a espécie *M. enterolobii* Yang e Eisenback (1983) (CASTAGNONE-SERENO *et al.*, 2013).

Dentro do gênero *Heterodera* Schmidt (1871) (nematóide-dos-cistos), *H. glycines* Ichinohe (1952) é a espécie mais conhecida no Brasil e, pode ser citada como nematóide-dos-cistos da soja. De acordo com Dhingra, Mendonça e Macedo (2009), as perdas ocasionadas por estes nematoides na produtividade de grãos de soja podem ser de até 90%, quando combinados grau de infestação e raça do nematóide, fertilidade do solo e suscetibilidade da cultivar.

Os nematoides do gênero *Pratylenchus* Filipjev (1936), são conhecidos como nematóide-das-lesões-radiculares. *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev e Shuurmans-Stekhoven (1941) foi a primeira espécie encontrada no Brasil (CASTILLO; VOVLAS, 2007). Estes nematoides podem ocasionar a redução no rendimento de muitas culturas, pois, são polípagos e cosmopolitas (CASTILLO; VOVLAS, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2013). Outras espécies podem ser relatadas no Brasil, incluindo *P. coffeae* (Zimmermann, 1898) Goodey, 1959, *P. jaehni* Inserra *et al.* (2001), *P. penetrans* (Cobb, 1917) Chitwood e Oteifa (1952), *P. vulnus* Allen e Jensen (1951) e *P. zae* Graham (1951) (GONZAGA, 2006).

Dentro do gênero *Radopholus* Thorne (1949), existem mais de 30 espécies descritas e o nematoide *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne (1949) é considerada a espécie com maior importância econômica (DUNCAN; MOENS, 2006). Este nematoide também é conhecido como nematoide cavernícola pelo sintoma causado nas raízes e nos rizomas de bananeira, sua principal hospedeira no Brasil (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008).

Ditylenchus dipsaci (Kuhn, 1857) Filipjev (1936) é conhecido no Brasil como nematoide-do-caule e dos bulbos do alho ou nematoide-do-amarelão do alho e é uma ameaça a todas as áreas de cultivo de aliáceas, pois, são facilmente disseminados por meio de material propagativo contaminado (PINHEIRO *et al.*, 2014).

O nematoide-da-murcha do pinheiro [*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner e Buhner, 1934) Nickle (1970) é ausente no Brasil. Entretanto, *B. cocophilus* pode ser citado ocasionando doenças no Brasil (WARWICK, 2005; CASTRO; LIMA; SANTANA, 2009; BOARI *et al.*, 2016; BOARI *et al.*, 2018).

O gênero *Rotylenchulus* Linford e Oliveira (1940) possui 11 espécies descritas e é considerado ter ampla distribuição geográfica (van den BERG *et al.*, 2016). O nematoide reniforme *Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira (1940) é uma espécie importante (JONES *et al.*, 2013). No Brasil, esta espécie ataca as culturas do algodoeiro, soja, feijão-caupi, meloeiro e coentro (MOURA *et al.*, 1997; MOURA; PEDROSA; GUIMARÃES, 2002; DIAS *et al.*, 2010; GARDIANO; KRZYZANOWSKI; SAAB, 2012).

Nacobbus aberrans (Thorne, 1935) Thorne e Allen (1944), também conhecido como falso-nematoide-das-galhas é uma praga ausente no Brasil (GARITA *et al.*, 2019). É um importante fitonematoide associado a batata em países produtores da América, mas também, pode ser encontrado associado a tomate, pimenta, cenoura, alface, repolho, ervilha e outras culturas (MANZANILLA-LOPEZ *et al.*, 2002)

O *Aphelenchoides besseyi* Christie (1942) é conhecido como nematoide-da-haste-verde e ocasiona a doença da soja louca II (FAVORETO; MEYER, 2019). Este nematoide pode ocasionar perdas de até 100% do rendimento da soja em áreas infestadas (MEYER *et al.*, 2017). A maioria dos nematoides pertencentes ao gênero *Aphelenchoides* são micófagos, no entanto, algumas espécies se comportam como parasitas da parte aérea das plantas (FAVORETO; MEYER, 2019).

O conhecimento das espécies de nematoides parasitas de plantas é fundamental para evitar perdas futuras ao introduzir uma cultura em determinado local. Os fitonematoides causam sérios prejuízos econômicos e, por serem organismos que habitam naturalmente o solo, dificilmente serão erradicados. Desta forma, objetivou-se caracterizar a nematofauna e

os atributos físicos e químicos do solo em fragmentos dos biomas Mata Atlântica e Caatinga no Estado de Pernambuco e caracterizar a nematofauna e os atributos físicos e químicos do solo em áreas produtoras de coco no município de Petrolina-PE.

6. Referências Bibliográficas

- BATISTA, M. G. C. **Nematofauna associada a áreas degradadas da Caatinga**. 2019, 79f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.
- BOARI, A.J.; GOMES JÚNIOR, R.A.; TINÓCO, R.S.; PINA, A.J.A. (coords.). **Anel-Vermelho da Palma de Óleo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016, 64p. (Documentos, 425).
- BOARI, A.J.; QUADROS, A.F.F.; NECHET, K.L. (coords.). **Queima-foliar- em mudas de palma-de-óleo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 5p. (Comunicado técnico, 305).
- BONGERS, T. **De nematoden van Nederland**. 1st ed. Utrecht: Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, 1988. 408 p.
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, Berlin, v. 83, p. 14-19, 1990.
- BONGERS, T.; ALKEMADE, R.; YEATES, G. W. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index. **Marine Ecology Progress Series**, Amelinghausen, v. 76, p. 135-142, 1991.
- BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 10, p. 239-251, 1998.
- BONGERS, T.; DE GOEDE, R. N. G.; KORTHALS, G. W.; YEATES, G. W. Proposer changes of c-p classifications for nematodes. **Russian Journal of Nematology**, Moscow, v. 3, p. 61-62, 1995.
- BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 6, p. 224-228, 1999.
- BONGERS, T.; van der MUELEN, H.; KORTALS, G. Inverse Relationship between the Nematode Maturity Index and Plant Parasitic Index under Enriched Nutrient Conditions. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 2, p. 195-199, 1997.
- BRASIL. **Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**. Resolução nº 115, de 23 nov. 2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017. Brasília, 2017.
- CAIXETA, L. B. **Diversidade de nematoides em sistemas de uso do solo nos biomas de mata atlântica e caatinga e aspectos taxonômicos e filogenéticos da família Telotylenchidae**. 2015, 185f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, 2015.
- CARDOSO, M. O.; PEDROSA, E. M. R.; FERRIS, H.; ROLIM, M.; VICENTE, T.F.S.; DAVID, M. F. L. Comparing sugarcane fiels and forest fragments: the effect of disturbance on soil physical properties and nematode assemblages. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 31, p. 397-407, 2015.
- CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E. G. J.; PERFUS-BARBEOCH, L.; ABAD, P. Diversity and Evolution of Root-Knot Nematodes, Genus *Meloidogyne*: New Insights from the Genomic Era. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 51, p. 10.1-10-18, 2013
- CASTILLO, P.; VOVLAS, N. **Pratylenchus (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. Leiden: Brill Academic Publishers, 2007. 520 p.
- CASTRO, J. M. C.; LIMA, C. R. F.; SANTANA, M. L. M. P. **Nematoide do anel vermelho do coqueiro e medidas de manejo**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009, 4p. (Instruções Técnicas, 88)

CHINNAMMA, M.; BHASKER, S.; MADHAV, H.; DEVASIA, R. M.; SHASHIDHARAN, A.; PILLAI, B.C.; THEVANNOOR, P. Production of coconut methyl ester (CME) and glycerol from coconut (*Cocos nucifera*) oil and the functional feasibility of CME as biofuel in diesel engine. **Fuel**, Guildford, v.4, n.9, p.4-9, 2015.

COSTA, J. L. S.; OLIVEIRA, V. C.; VIANA, F. M. P.; LEAL, E. C.; WARWICK, D. R. N. **Aprimoramento do conhecimento científico e desenvolvimento de tecnologias para controle das principais doenças do coqueiro**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 121p. (Documentos, 39).

DE LEY, P.; BLAXTER, M. A new system for Nematoda: Combining morphological characters with molecular trees, and translating clades into ranks and taxa. *In*: Cook, R.; Hunt, D. J. (ed.) **Nematology Monographs and Perspectives**. 2 ed. Leiden: Brill, 2004. p. 633-665.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S. **Nematoides em Soja: Identificação e Controle**. Londrina: Embrapa, 2010. 8p. (Circular Técnica, 76).

DIAS-ARIEIRA, C. R.; MOLINA, R. O.; COSTA, A. T. Nematoides causadores de doenças em frutíferas. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 46-46, 2008.

DHINGRA, O. D.; MENDONÇA, H. L.; MACEDO, D. M. (2009). Doenças e seu controle. *In*: Sediya, T. (ed). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. p. 133-155.

DUNCAN, L.W.; MOENS, M. (2006) Migratory endoparasitic nematodes. *In*: PERRY, R. N.; MOENS, M. (ed.). **Plant Nematology**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 123-152.

EVANGELISTA, A. R. S. **O processo de ocupação do bioma Caatinga e suas repercussões socioambientais na Sisalância, Bahia**. 2010, 199f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. **O nematoide da haste verde**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 11p. (Circular Técnica, 147).

FERRIS, H.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M. Nematode faunal indicators of soil food web condition. **Journal of Nematology**, College Park, v. 31, p. 534–535, 1999.

FERRIS, H.; BONGERS T.; GOEDE, R. G. M. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 18, p. 13-39, 2001.

FERRIS, H.; BONGERS, T. Indices for analysis of nematode assemblages. *In*: WILSON, M.; KAKOULI-DUARTE, T. (ed.). **Nematodes as Environmental Bioindicators**. 1st ed. Wallingford: CABI, 2009, p. 124-145.

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

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (*Cocos nucifera*). *In*: ELEVITCH, C. R. (ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**. Hawai: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2009. p. 113-134.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. **A cultura do coqueiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 101 p. (Coleção Plantar, 48).

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021. 73 p. (Relatório Técnico).

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (FIDEM). **Reservas ecológicas: Região Metropolitana do Recife**. 1987.

GALLARDO, A. L. C. F.; CAVALHIERI, C. P.; CAMPOS, S. J. A. M.; BITAR, O. Y. Improving effectiveness of mitigation measures in EIA follow-up. *Manag. Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 26, p. 518-537, 2015.

GARAGORRY, F. L. **Caatinga: concentração espacial e dinâmica de produtos agrícolas**. Campinas: Embrapa Territorial, 2021. 182p. (Documentos, 139).

- GARDIANO, C. G.; KRZYZANOWSKI, A. A.; SAAB, O. J. G. A. Hospedabilidade de plantas melhoradoras de solo à *Rotylenchulus reniformis* Linford e Oliveira (1940). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 313-317, 2012.
- GARITA, S. A.; BERNARDO, V. F.; GUIMARÃES, M. A.; ARANGO, M. C.; RUSCITTI, M. F. Mycorrhization and grafting improve growth in the tomato and reduce the population of *Nacobbus aberrans*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 4, p. 609-615, 2019.
- GERBER, K.; GIBLIN-DAVIS, R. Association of the red ring nematode and other nematode species with the palm weevil, *Rhynchophorus palmarum*. **Journal of Nematology**, College Park, v.22, n.2, p.143-149, 1990.
- GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação *in vitro* das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus* Filipjev (1936) que ocorrem no Brasil**. 2006. 94 f. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- HARRIES, H. C. The evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. **The Botanical Review**, New York, v.44, n.3, p.265-319, 1978.
- IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil** - primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE. 2004.
- IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola** – Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano de 2017. Rio de Janeiro: IBGE, v.30, n.1, p.1-81. 2017.
- IBGE. **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2019. 168 p.
- JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E. G. J.; GAUR, H. S.; HELDER, J.; JONES, M. G. K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J. E.; WESEMAEL, W. M. L.; PERRY, R. N. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v. 14, n. 9, p. 946-961. 2013.
- KARSSSEN, G. **The plant-parasitic nematode genus *Meloidogyne* Göldi, 1892 (Tylenchida) in Europe**. Leiden: Brill Academic Publishers, 2002, 161 p.
- LIMA, M. L. F. **A reserva da Biosfera da Mata Atlântica em Pernambuco**: situação atual, ações e perspectivas. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: São Paulo, 1998. 24p.
- LIMA, D. A. de. Estudos Fitogeográficos de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 4, p. 243-274, 2007.
- MANZANILLA-LOPEZ, R. H.; COSTILLA, M. A.; DOUCET, M.; FRANCO, J.; INSERRA, R. N.; LEHMAN, P. S.; VERA, I.; SOUZA, R. M.; EVANS, K. The genus *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): Systematics, distribution, biology and management. **Nematropica**, Flórida, v. 32, n. 2., p.149-227, 2002.
- MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B. Doenças do coqueiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. p. 271-281.
- MARTINEZ, N. D. Constant connectance in community foodwebs. **The American Naturalist**, Chicago, v. 139, n. 6, p. 1208-1218, 1992.
- MELO, J. M. M. **Estrutura e distribuição espacial da nematofauna e qualidade do solo em áreas ribeirinhas da Caatinga**. 2021, 200f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.
- MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean Green steem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 42, p. 403-409, 2017.
- MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R.; MARANHÃO, E. A. A.; REIS, O. V. O. O nanismo do coentro, uma nova doença causada pelo nematoide *Rotylenchulus reniformis*. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 13-22, 1997.

- MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. P. Nematoses de alta importância econômica da cultura do melão no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Campinas, v. 27, p. 225, 2002.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; C.G.; FONSECA, G.A.B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Londres, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NUCÉ DE LAMOTHE, M. **Melhoramento do coqueiro**. Montpellier: IRHO, 1983. Relatório da Missão Realizada nas plantações de Embrapa.
- OLIVEIRA, A. P. C.; BERNARD, E. The financial needs vs. the realities of in situ conservation: an analysis of federal funding for protected areas in Brazil's Caatinga. **Biotropica**, Hoboken, v. 49, p. 745-752, 2017.
- OVERBECK, G. E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F. R.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MULLER, S. C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L.; LORENZEN, K.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W.; PILLAR, V. D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 21, p. 1455-1460, 2015.
- PEREIRA, F. O. M.; SOUZA, R. M.; SOUZA, P. M.; DOLINSKI, C.; SANTOS, G. K. estimativa do impacto econômico e social direto de *Meloidogyne mayaguensis* na cultura da goiaba no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 33, p. 176-181, 2009.
- PEREZ-MARIN, A. M.; SANTOS, A. P. S.; ULLOA, L. F.; MOREIRA, J. M.; MEDEIROS, A. M.; LIMA, R. C. S.; BEZERRA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SILVA, L. L. **O Semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes**. 1. ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2013. 76p.
- PERNAMBUCO. **Diagnóstico das Reservas Ecológicas**: Região Metropolitana do Recife. Recife: Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco. 2001.
- PERRY R. N.; MOENS M.; STARR J. L. **Root-knot Nematodes**. London: CAB International, 2009, 488 p.
- PINHEIRO, J. B.; CARVALHO, A. D. F.; PEREIRA, R. B.; RODRIGUES, C. S. **Nematoides na cultura do alho e cebola**. Brasília: Embrapa, 2014. 8p. (Circular Técnica, 130)
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, p. 1141-1153, 2009.
- RIBEIRO, L. M.; CAMPOS, H. D.; TESSMANN, D. J.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; NEVES, D. L.; SILVA, C. N. Identification of *Pratylenchus* spp. in soybean in Central region of Brazil using the ITS-5.8S rDNA region. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 8, n. 45, p. 5698-5701, 2013.
- RYSS, A.; MOTA, M.; VIEIRA, P.; KULINICH, O. A synopsis of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Aphelenchida: Parasitaphelenchidae) with keys to species. **Nematology**, Leiden, v.7, n.3, p.393-458, 2005.
- SAMPAIO, R. A.; RAMOS, S. J.; GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. Tomato seedlings production using substrates with coconut fiber and rock waste. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.4, p.499-503, 2008.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do Bioma Caatinga: Características e Potencialidades. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 27-47.
- SANTOS, L. D.; SCHLINDWEIN, S. L.; FANTINI, A. C.; HENKES, J. A.; BELDERRAIN, M. C. N. Dinâmica do desmatamento da Mata Atlântica: causas e consequências. **Revista gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 378-402, 2020.
- SCHOCH, C. L.; CIUFO, S.; DOMRACHEV, M.; HOTTON, C. L.; KANNAN, S.; KHOVANSKAYA, R.; LEIPE, D.; MCVEIGH, R.; O'NEILL, K.; ROBBERTSE, B.; SHARMA, S.; SOUSSOV, V.; SULLIVAN, J. P.; SUN, L.; TURNER, S.; KARSCH-MIZRACHI, I. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. **Database**, Oxford, v. 2020, p. 1-21, 2020.

- SEDDON, A. W. R.; MACIAS-FAURIA, M.; LONG, P. R.; BENZ, D.; WILLIS, K. J. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. **Nature**, Londres, v. 531, p. 229-232, 2016.
- SONG, M.; LI, X.; JING, S.; LEI, L.; WANG, J.; WAN, S. Responses of soil nematodes to water and nitrogen additions in an old-field grassland. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 102, p. 53-60, 2016.
- SOUSA, A. D.; PEDROSA, E. M. R.; ULISSES, C.; CASTRO, J. M. C.; RIBEIRO, J. M. Penetration, development and reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on *Psidium* species and induced cellular responses in the roots. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 39, p. 1-10, 2017.
- SOUZA, C. M., JR.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; DE OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; NETO, L. C. F.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, Basel, v. 12, p. 1-27, 2020.
- TOMAZINI, M.D.; FERRAZ, L.C.C.B.; MONTEIRO, A.R. Abundância e diversidade de nematoides em áreas contíguas de vegetação nativa e submetida a diferentes tipos de uso do solo. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 32, p. 185-193, 2008.
- van den BERG, V.; PALOMARES-RIUS, J. E.; VOLVLAS, N.; TIEDT, L. R.; SUBBOTIN, S. A. Morphological and molecular characterisation of one new and several known species of the reniform nematode, *Rotylenchulus* Linford & Oliveira, 1940 (Hoplolaimidae: Rotylenchulinae), and a phylogeny of the genus. **Nematology**, Leiden, v. 18, n. 1, p. 67-107, 2016.
- van der HOOGEN, J.; GEISEN, S.; ROUTH, D.; FERRIS, H.; TRAUNSPURGER, W.; WARDLE, D. A.; GOEDE, R. G. M.; ADAMS, B. J.; AHMAD, W.; ANDRIUZZI, W. S.; BARDGETT, R. D.; BONKOWSKI, M.; CAMPOS-HERRERA, R.; CARES, J. E.; CARUSO, T.; CAIXETA, L. B.; CHEN, X.; COSTA, S. R.; CREAMER, R.; CASTRO, J. M. C.; DAM, M.; DJIGAL, D.; ESCUER, M.; GRIFFITHS, B. S.; GUTIÉRREZ, C.; HOHBERG, K.; KALINKINA, D.; KARDOL, P.; KERGUNTEUIL, A.; KORTHALS, G.; KRASHEVSKA, V.; KUDRIN, A. A.; LI, Q.; LIANG, W.; MAGILTON, M.; MARAIS, M.; MARTÍN, J. A. R.; MATVEEVA, E.; MAYAD, E. H.; MULDER, C.; MULLIN, P.; NEILSON, R.; NGUYEN, T. A. D.; NIELSEN, U. N.; OKADA, H.; RIUS, J. E. P.; PAN, K.; PENEVA, V.; PELLISSIER, L.; SILVA, J. C. P.; PITTELOUD, C.; POWERS, T. O.; POWERS, K.; QUIST, C. W.; RASMANN, S.; MORENO, S. S.; SCHEU, S.; SETÄLÄ, H.; SUSHCHUK, A.; TIUNOV, A. V.; TRAP, J.; van der Putten, W.; VESTERGÅRD, M.; VILLENAVE, C.; WAEYENBERGE, L.; WALL, D. H.; WILSCHUT, R.; WRIGHT, D. G.; YANG, J.; CROWTHER, T. W. Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. **Nature**, Londres, v. 572, p. 194-198, 2019.
- WALL, J. W.; SKENE, K. R.; NEILSON, R. Nematode community and trophic structure along a sand dune succession. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 35, p. 293-301, 2002.
- WARWICK, D.R.N.; BEZERRA, A.P.T. Possible root transmission of the red ring nematode (*Rhadinaphelenchus cocophilus*) to coconut palms. **Plant Disease**, São Paulo, v.76, p.809-811, 1992.
- WESEMAEL, W. M. L.; VIAENE, N.; MOENS, M. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. **Nematology**, São Paulo, v. 13, p. 3-16, 2011.
- WILSON, J. B. Guilds, functional types and ecological groups. **Oikos**, Copenhagen, v. 86, n. 3, p. 507-522, 1999.
- YEATES, G. W. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. **Biology and Fertility of Soils, Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, p. 1999-2010, 2003.
- YEATES, G. W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. Feeding habits in soil nematode families and genera — an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, College Park, v. 25, p. 315-331, 1993.

CAPÍTULO II

Relações da nematofauna com as propriedades físicas e químicas do solo em plantio de *Cocos nucifera*

Relações da nematofauna com as propriedades físicas e químicas do solo em plantio de *Cocos nucifera*

Mariana Ferreira de Lima David¹; Lilian Margarete Paes Guimarães¹; Ivis Andrei Campos e Silva², José Ailton Cruz Macêdo dos Santos¹, José Mauro da Cunha e Castro³; Elvira Maria Régis Pedrosa²

¹ Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

² Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

³ Laboratório de Fitopatologia/Nematologia, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brasil.

Resumo

O bioma Caatinga encontra-se no Semiárido brasileiro e possui características distintas que conferem ampla diversidade de riquezas biológicas quando comparadas com as de outras regiões semiáridas do mundo. Cerca de 35% do bioma Caatinga é coberto pela atividade agropecuária e o município de Petrolina é um dos que mais perdeu sua vegetação natural. Diversas culturas agrícolas podem ser citadas sendo produzidas em áreas de Caatinga, por exemplo, o coqueiro. O anel-vermelho do coqueiro, ocasionado pelo nematoide *Bursaphelenchus cocophilus*, é uma das principais doenças relatadas na cultura do coqueiro, podendo ocasionar perdas anuais de até 15%. Desta forma, o presente estudo teve como objetivos caracterizar a nematofauna, os atributos físicos e químicos do solo e verificar as relações existentes com as comunidades de nematoides presentes na Caatinga e plantio comercial de coco em Petrolina. Foi possível observar diferença entre as propriedades do solo e a nematofauna nos períodos seco e chuvoso. Ao todo, foram identificados 34 taxa de nematoides, distribuídos em 32 gêneros e duas famílias. Em ambas as áreas de estudo foram encontrados 15 taxa de nematoides, pertencentes a 13 gêneros e duas famílias. Durante o período chuvoso no Semiárido, os fitonematoides tiveram a maior dominância com 40,26%. No período seco, os nematoides bacteriófagos foram os maiores representantes com 50,07%. No coqueiral, durante o período chuvoso, os nematoides bacteriófagos foram dominantes com 46,76%, e, no período seco, nematoides parasitos de plantas foram os maiores dominantes com 40,26%. Alguns nematoides foram restritos ao ambiente de Caatinga e, outros, ao coqueiral. Foi possível observar dissimilaridade entre as comunidades de nematoides na Caatinga e o coqueiral. Dos atributos físicos e químicos avaliados, apenas a temperatura influenciou as comunidades de nematoides.

Palavras-chave: bioindicadores, coqueiro, fitonematoides, semiárido.

ABSTRACT

The Caatinga biome is found in the Brazilian semi-arid region and has distinct characteristics that provide a wide diversity of biological riches when compared to other semi-arid regions in the world. About 35% of the Caatinga biome is covered by agricultural activity and the municipality of Petrolina is one of those that lost most of its natural vegetation. Several agricultural crops can be cited being produced in Caatinga areas, for example, the coconut tree. The coconut red ring, caused by the nematode *Bursaphelenchus cocophilus*, is one of the main diseases reported in the coconut crop, which can cause annual losses of up to 15%. Thus, the present study aimed to characterize the nematofauna, the physical and chemical attributes of the soil and verify the existing relationships with the nematode communities present in the Caatinga and commercial coconut plantation in Petrolina. It was possible to observe differences between soil properties and nematofauna in dry and rainy periods. In all, 34 nematode taxa were identified, distributed in 32 genera and two families. In both study areas, 15 nematode taxa belonging to 13 genera and two families were found. During the rainy season in the Semiarid, phytonematodes had the highest dominance with 40.26%. In the dry period, bacteriophage nematodes were the largest representatives with 50.07%. In the coconut grove, during the rainy season, bacteriophage nematodes were dominant with 46.76%, and, in the dry season, plant parasitic nematodes were the most dominant with 40.26%. Some nematodes were restricted to the Caatinga environment and others to the coconut grove. It was possible to observe dissimilarity between the nematode communities in the Caatinga and the coconut grove. Of the evaluated physical and chemical attributes, only temperature influenced nematode communities.

Keywords: bioindicators, coconut, plant-parasitic nematodes, semi-arid.

1. Introdução

Em Pernambuco, o bioma Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 82.546 km² (IBGE, 2019). Cerca de 80% do Semiárido brasileiro, com área de 844.453 km² é ocupado por este bioma (Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, 2017). O Semiárido brasileiro possui características distintas quanto à topografia, solo e regime de chuvas que conferem à região ampla diversidade de riquezas biológicas quando comparadas com as de outras regiões semiáridas do mundo (Perez-Marin et al., 2013).

A Caatinga é considerada como um dos ecossistemas brasileiros mais ameaçados de destruição, menos estudado e compreendido no território nacional (Overbeck et al., 2015; Seddon et al., 2016; Oliveira e Bernard, 2017). De acordo com Souza et al. (2020), cerca de

35% do bioma Caatinga é coberto pela atividade agropecuária e, entre os anos de 1985 a 2020, o município de Petrolina foi um dos que mais perdeu sua vegetação natural. No Semiárido, a agricultura se desenvolve sob forma de ocupação desordenada, sem planejamento, com uso indiscriminado dos recursos naturais e sem levar em consideração o equilíbrio ambiental (Evangelista, 2010).

De acordo com Garagorry (2021), a agricultura na Caatinga existe em diferentes realidades, seja no perímetro irrigado ou em sistemas de sequeiro, existem diferentes portes de propriedades rurais e pode existir ou não a associação com a criação de animais. Diversas culturas agrícolas podem ser citadas sendo produzidas em áreas de Caatinga, tais como, melancia (*Citrullus lanatus* subsp. *vulgaris* (Schrad.) Fursa), banana (*Musa acuminata* Colla), goiaba (*Psidium guajava* L.), manga (*Mangifera indica* L.), mamão (*Carica papaya* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims), coco-da-baía (*Cocos nucifera* L.) e outras.

Segundo dados do IBGE (2017), o Nordeste brasileiro é responsável por cerca de 74,5% da produção nacional de coco, em que o Estado de Pernambuco é considerado o 4º maior produtor. Os principais produtos obtidos com a cocoicultura são coco fresco, coco ralado, água de coco e óleo de coco. Estes produtos possuem alto valor nutricional e podem ser empregados na indústria farmacêutica, e, os seus resíduos podem ser utilizados na produção de substrato e produção de biocombustíveis (Sampaio et al., 2008; Chinnamma et al., 2015).

Os patógenos que ocorrem nas áreas produtoras são responsáveis por uma redução de aproximadamente 50% do potencial produtivo da cocoicultura (Costa et al., 2002). As principais doenças do coqueiro no Brasil variam de uma região para outra e podem ter diferentes agentes causais (Fontes e Ferreira, 2006). O anel-vermelho, ocasionado pelo nematoide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb, 1919) Baujard, 1989, é uma das principais doenças relatadas na cultura do coqueiro (Griffth et al., 2018). Desta forma, o presente estudo teve como objetivos caracterizar a nematofauna, os atributos físicos e químicos do solo e verificar as relações existentes com as comunidades de nematoides presentes na Caatinga e em plantio comercial de coco em Petrolina-PE.

2. Material e métodos

2.1 Áreas de coleta de solo

A coleta foi realizada em áreas distintas, fragmentos da Caatinga e plantio comercial de coco, ambas localizadas no município de Petrolina-PE, Brasil. As amostras de solo foram coletadas durante os períodos chuvoso e seco. O clima local de acordo com a classificação de Köppen-Geiger é 'BSh', sendo caracterizado pela escassez e irregularidade de precipitações,

2.2 Amostragem de solo

As amostras de solo foram coletadas inteiramente ao acaso, com auxílio de um cavador e enxadeco, com espaçamento de, pelo menos, 10 m entre os pontos de coleta em ambos os períodos (chuvoso e seco). Em cada área (caatinga e coqueiral), foram coletadas 40 amostras, totalizando 160 amostras de solo. Aproximadamente 1 kg de solo foi retirado de cada ponto, na profundidade de 0-15 cm. Em cada ponto, o solo coletado foi armazenado em saco plástico, identificado e vedado, e, posteriormente, foi encaminhado ao Laboratório de Fitonematologia pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Uma fração das amostras de solo foi colocada para secar ao ar, em seguida, foi destorroada e peneirada (0,84 mm/20 mesh) para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) e realização das análises físicas e químicas do solo. Para a análise da nematofauna, as amostras foram mantidas em ambiente refrigerado a 4 °C até a extração dos nematoides do solo.

2.3 Análises físicas do solo

As análises físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Mecânica do Solo e Aproveitamento de Resíduos do Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE. A temperatura do solo foi obtida no momento da coleta das amostras em cada um dos pontos de coleta. De acordo com Teixeira et al. (2017), foram obtidas: umidade gravimétrica, textura do solo (frações granulométricas do solo), densidade do solo (D_s), densidade de partículas (D_p) e porosidade total (P_t) que foi calculada com os valores da D_s e D_p $\{P_t = [1 - (D_s/D_p)] \times 100\}$.

2.4 Análises químicas do solo

No Laboratório de Águas do Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE, foram realizadas as análises químicas do solo segundo metodologias propostas por Teixeira et al. (2017). Foram obtidos: potencial hidrogeniônico (pH) do solo e condutividade elétrica (CE). O carbono orgânico (CO) foi obtido pela oxidação da matéria orgânica (MO) de acordo com Yeomans e Bremner (1988). A porcentagem de MO foi obtida com a equação: $CO \times 1,724$ (Donagema, 2011). A estimativa do estoque de carbono (C_t) foi feita por meio da equação: $C_t = (CO \cdot D_s \cdot E) / 100$, onde: CO = conteúdo de carbono orgânico; D_s = densidade do solo e E = espessura do horizonte (Fidalgo, 2007).

2.5 Extração de nematoides do solo

Os nematoides extraídos a partir de alíquotas de 300 cm³ de solo de acordo com metodologia proposta por Jenkins (1964). As suspensões obtidas foram mantidas em ambiente refrigerado sob temperatura de 4 °C para posterior contagem e identificação. A estimativa

populacional foi obtida pela da contagem dos nematoides em lâminas de Peters em que 1 ml da suspensão foi observado sob microscopia óptica, em uma objetiva de 20 x, em duas repetições.

2.6 Estrutura, composição da comunidade de nematoides e índices ecológicos

Com base nas características morfológicas do estoma e esôfago, os nematoides foram classificados e separados em diferentes grupos tróficos [bacteriófagos (BACT), micófagos (MIC), predadores (PRED), onívoros (ONI) e parasitos de plantas (PP)] (Yeates et al., 1993). Os nematoides de vida livre foram identificados em gênero ou família de acordo com a chave de identificação de Tarjan et al. (1977). Os nematoides parasitos de plantas foram identificados em gênero (Mai et al., 1996; Mekete et al., 2012). Em seguida, os nematoides foram classificados em guildas funcionais, que combinam os hábitos alimentares e os grupos colonizadores-persistentes (c-p) que variam de 1 a 5 (Bongers, 1990; Bongers; Bongers, 1998).

Foram calculados abundância, média, desvio padrão e dominância dos táxons ocorrentes em 300 cm³ de solo. Os índices de maturidade (IM) (Bongers, 1990) e os índices basal (IB), de estrutura (IE) e de canal (IC) (Ferris et al., 2001) foram calculados pelo NINJA (*Nematode INDicator Joint Analysis*) (Sieriebriennikov et al., 2014).

2.7 Análise estatística

Os dados da nematofauna e propriedades físicas e químicas do solo foram submetidos à estatística descritiva (valores máximos e mínimos, média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria). Em seguida, foi realizado o teste Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos dados. Os dados não normais foram transformados em $\log_{10}(x+1)$.

As diferenças na composição taxonômica da comunidade de nematoides do solo entre os biomas foram determinadas por meio das análises de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) e de similaridade (ANOSIM) com base na medida de distância Dice-Sorensen. Para apoiar a ANOSIM, foi realizada a análise da porcentagem de similaridade (SIMPER) com base na medida de similaridade euclidiana, indicando quais taxa de nematoides explicam as diferenças entre os grupos (Hammer et al., 2001).

Foram realizados cálculos do coeficiente de correlação de Pearson entre as comunidades de nematoides e as propriedades físicas e químicas do solo ($P < 0,05$). As análises de correlação foram representadas por correlogramas por meio de uma escala de cores gerada com base na matriz de correlação. Caracterizam-se como fortes correlações positivas valores acima de 0,7 e, fortes correlações negativas, valores acima de -0,7.

Para verificar as relações entre as comunidades de nematoides e as propriedades físicas e químicas do solo, foi utilizada a análise de redundância (RDA) (Borcard et al., 2011). Para avaliar a RDA, foi utilizado o teste de permutação com 999 permutações ($\alpha=0,05$) e para selecionar as propriedades do solo que tiveram maior influência, após RDA, foi efetuada a seleção por forward.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com suporte do software R versão 4.2.2 (R Core Team, 2022), utilizando os pacotes fBasics versão 4021.93 (Wuertz et al., 2022), corrplot versão 0.92 (Wei e Simko, 2021), ggplot2 versão 3.3.5 (Wickhan, 2016; Wickhan et al., 2021) e vegan versão 2.6-4 (Oksanen et al., 2022).

3. Resultados

3.1 Propriedades físicas e químicas do solo

Nos fragmentos de Caatinga, a classe textural do solo encontrada foi areia franca com teores de 79,64 % de areia, 12,1% de argila, 8,25% de silte e Dp de 2,29 g.cm⁻³ (Tabela 2). No período chuvoso, as propriedades físicas e químicas do solo apresentaram valores médios de 9,19% de umidade, 27,87 °C de temperatura, Ds de 1,41 g.cm⁻³, 0,43 cm³.cm⁻³ de porosidade, 6,57 de pH, 0,74 dS.m⁻¹ de C.E, 8,57 g.kg⁻¹ de M.O e 1,04 kg.m⁻² de C_t (Tabela 3). No período seco, as propriedades físicas e químicas do solo apresentaram valores médios de 3,46% de umidade, 27,95 °C de temperatura, 1,47 g.cm⁻³ de Ds, 0,40 cm³.cm⁻³ de porosidade, 5,20 de pH, 0,58 dS.m⁻¹ de C.E, 11,63 g.kg⁻¹ de M.O e 1,43 kg.m⁻² de C_t (Tabela 4).

No plantio comercial de coqueiros, a classe textural encontrada foi areia com os teores de 91,63% de areia, 4,62% de argila, 3,74% de silte e Dp de 2,52 g.cm⁻³ (Tabela 2). No período chuvoso, as propriedades físicas e químicas do solo apresentaram valores médios de 14,15% de umidade, 27,14 °C de temperatura, 2,52 g.cm⁻³ de Ds, 0,40 cm³.cm⁻³ de porosidade, 5,3 de pH, 0,77 dS.m⁻¹ de C.E, 11,41g.kg⁻¹ de M.O e 1,46 kg.m⁻² de C_t (Tabela 3). No período seco, as propriedades físicas e químicas do solo apresentaram valores médios de 13,49% de umidade, 23,02 °C de temperatura, 1,41 g.cm⁻³ de Ds, 0,43 cm³.cm⁻³ de porosidade, 6,13 de pH, 1,03 dS.m⁻¹ de C.E, 20,47 g.kg⁻¹ de M.O e 0,30 kg.m⁻² de C_t (Tabela 4).

Tabela 2. Valor médio da densidade do solo, características físicas e classe textural nos fragmentos de Caatinga e plantio comercial de coqueiros em Petrolina-PE.

	Áreas de estudo	
	Caatinga	Coqueiral
Dp (g.cm⁻³)	2,29	2,52
Areia (%)	79,64	91,63
Argila (%)	12,1	4,62
Silte (%)	8,25	3,74
Classe textural	Areia franca	Areia

Dp: densidade de partículas em g.cm⁻³; Valores médios de areia, argila e silte em porcentagem.

Tabela 3. Estatística descritiva das propriedades físicas e químicas do solo nos fragmentos da Caatinga e em plantio comercial de coqueiros em Petrolina-PE no período chuvoso.

Propriedades do solo	Caatinga								Coqueiral							
	Período chuvoso								Período chuvoso							
	Min	Max	Med	Var	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS	Min	Max	Méd	Var	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS
Umidade (%)	0,49	29,8	9,19	27,56	57,10	5,36	1,88	0,24	0,65	23,42	14,15	30,21	38,83	-0,19	-0,38	0,62
Temperatura (°C)	25,5	32,5	27,87	2,79	6	0,78	1,15	0,30	25,4	33,30	27,14	2,63	5,98	4,87	2,16	0,02
Dp (g.cm ⁻³)	2,29	2,77	2,50	0,01	4,43	0,02	0,47	0,21	2,27	2,70	2,52	0,009	3,86	-0,09	-0,60	0,20
Ds (g.cm ⁻³)	1,23	1,62	1,41	0,008	6,50	-0,49	0,33	0,95	1,34	1,61	1,50	0,004	4,23	-0,36	-0,39	0,96
Porosidade (cm ³ .cm ⁻³)	0,31	0,49	0,43	0,001	10,30	-0,26	-0,64	0,52	0,34	0,46	0,40	0,0008	7,07	-0,31	0,03	0,94
Areia (g/kg)	666	936,8	796,4	4115	8,05	-0,34	-0,44	0,03	847,4	948,6	916,32	702	2,89	0,18	-1,02	0,16
Argila (g/kg)	60	220	121	1337	30,22	-0,06	0,53	0,21	30	80	46,25	147,12	26,22	0,84	1,18	0
Silte (g/kg)	3,2	175,8	82,52	1719	50,25	-0,53	0,33	0,90	8	98,23	37,43	477,69	58,38	0,66	1,13	0,09
pH	5,09	7,9	6,57	0,40	0,63	-0,38	0,02	0,96	4,26	7,41	5,30	0,41	12,08	1,22	0,89	0,85
C.E (dS.m ⁻¹)	0,27	1,84	0,74	0,13	48,80	1,33	1,32	0,10	0,23	4,47	0,77	0,59	86,64	10,49	3,03	0,01
M.O (g/kg)	0,22	25,15	8,57	32,32	66,30	0,18	0,63	0,92	0,23	29,32	11,41	70,99	73,83	-0,68	0,55	0,60
Ct (kg.m ⁻²)	0,02	2,70	1,04	0,44	64,14	-0,48	0,45	0,86	0,03	3,61	1,46	1,09	71,46	-0,80	0,46	0,64

Mín., Máx. e Méd.: valores mínimo, máximo e médio; Var.: variância; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; Coef. Curt.: coeficiente de curtose; Coef. Assim.: coeficiente de assimetria; KS: valor no teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; C.E.: condutividade elétrica; M.O.: matéria orgânica; C_i: estoque de carbono.

Tabela 4. Estatística descritiva das propriedades físicas e químicas do solo nos fragmentos da Caatinga e em plantio comercial de coqueiros em Petrolina-PE no período seco.

Propriedades do solo	Caatinga								Coqueiro							
	Min	Max	Med	Var	CV (%)	Coef. Curt	Coef. Assim.	KS	Min	Max	Méd	Var	CV (%)	Coef. Curt	Coef. Assim.	KS
Umidade (%)	0,69	8,15	3,46	3,45	53,69	-0,11	0,69	0,57	1,07	81,81	13,49	169,73	96,56	17,19	3,80	0,01
Temperatura (°C)	23,8	33,8	27,95	8,97	10,71	-0,77	0,74	0,25	22,1	24,1	23,02	0,25	2,20	-1,02	-0,05	0,20
Dp (g.cm ⁻³)	2,29	2,77	2,50	0,01	4,43	0,02	0,47	0,21	2,27	2,70	2,52	0,009	3,83	-0,09	-0,60	0,20
Ds (g.cm ⁻³)	1,14	1,65	1,47	0,01	7,86	0,99	-0,95	0,38	1,32	1,50	1,41	0,002	3,85	-1,17	0,01	0,89
Porosidade (cm ³ .cm ⁻³)	0,29	0,52	0,40	0,002	12,73	0,02	0,16	0,94	0,34	0,50	0,43	0,0009	6,93	0,74	-0,65	0,31
Areia (g/kg)	666	936,8	796,4	4115	8,05	-0,34	-0,44	0,03	847,4	948,6	916,32	702	2,89	0,18	-1,02	0,16
Argila (g/kg)	60	220	121	1337	30,22	-0,06	0,53	0,21	30	80	46,25	147,12	26,22	0,84	1,18	0
Silte (g/kg)	3,2	175,8	82,52	1719	50,25	-0,53	0,33	0,90	8	98,23	37,43	477,69	58,38	0,66	1,13	0,09
pH	3,84	7,52	5,20	0,59	14,87	0,84	0,58	0,90	4,5	7,41	6,13	0,47	11,28	-0,46	-0,32	0,79
C.E (dS.m ⁻¹)	0,13	4,07	0,58	0,46	121	13,59	3,44	0,007	0,22	6,35	1,03	1,43	116,21	8,89	2,92	0
M.O (g/kg)	0,20	39,93	11,63	68,08	70,90	3,27	1,80	0,10	0,83	26,25	16,22	20,47	27,48	2,60	-0,91	0,64
Ct (kg.m ⁻²)	0,02	3,99	1,43	0,74	60,12	1,89	1,36	0,31	0,10	3,14	2	0,30	27,34	2,78	-1,07	0,70

Mín., Máx. e Méd.: valores mínimo, máximo e médio; Var.: variância; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; Coef. Curt.: coeficiente de curtose; Coef. Assim.: coeficiente de assimetria; KS: valor no teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; C.E.: condutividade elétrica; M.O.: matéria orgânica; C: estoque de carbono.

3.2 Estrutura e composição das comunidades de nematoides

Na Caatinga, no período chuvoso, os grupos tróficos apresentaram valores médios, em 300 cm³ de solo, de 177,14 bacteriófagos, 19,37 micófagos, 20,73 predadores, 49 onívoros e 179,44 parasitos de plantas, sendo distribuídos entre as guildas funcionais Ba₁ (78,01), Ba₂ (90,07), Ba₃ (9,05), Mi₂ (19,37), Pr₂ (1,68), Pr₃ (5,25), Pr₄ (13,80), On₄ (43,92), H₂ (1,80), H₃ (171,59), H₄ (3,05) e H₅ (3) (Tabela 5).

No período seco da Caatinga, os grupos tróficos apresentaram valores médios, em 300 cm³ de solo, de 393,44 bacteriófagos, 91,87 micófagos, 9,85 predadores, 74,03 onívoros e 216,59 parasitos de plantas, sendo distribuídos entre as guildas funcionais Ba₁ (230,66), Ba₂ (146,22), Ba₃ (16,55), Mi₂ (91,87), Pr₂ (2,15), Pr₄ (7,7), On₄ (56,38), H₂ (3,25), H₃ (212,69) e H₄ (0,65) (Tabela 6).

No coqueiral, durante o período chuvoso, os grupos tróficos apresentaram valores médios, em 300 cm³ de solo, de 103,90 bacteriófagos, 12,92 micófagos, 6,25 predadores, 33,40 onívoros e 65,70 parasitos de plantas, sendo distribuídos entre as guildas funcionais, Ba₁ (66,16), Ba₂ (13,90), Ba₃ (23,83), Mi₂ (12,92), Pr₄ (6,25), On₄ (9,37), H₂ (14,87) e H₃ (50,82) (Tabela 5).

Durante o período seco, no coqueiral, os grupos tróficos apresentaram valores médios, em 300 cm³ de solo, de 524,61 bacteriófagos, 21,70 micófagos, 32,17 predadores, 143,91 onívoros e 442,46 parasitos de plantas, sendo distribuídos entre as guildas funcionais Ba₁ (410,06), Ba₂ (50,57), Ba₃ (63,97), Mi₂ (21,70), Pr₂ (1,35), Pr₃ (18,05), Pr₄ (12,77), On₄ (70,53), H₂ (30,07), H₃ (400,14) e H₄ (12,25) (Tabela 6).

Tabela 5. Estatística descritiva dos grupos tróficos e guildas funcionais dos nematoides nos fragmentos da Caatinga e em plantio comercial de coqueiros em Pernambuco no período chuvoso.

Grupos tróficos	Caatinga									Coqueiral						
	Período chuvoso									Período chuvoso						
	Min	Max	Med	Var	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS	Min	Max	Méd	Var	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS
BACT	0	1050	177,14	35929	107,1	9,55	2,70	0,13	0	384	103,9	9797,9	95,26	0,94	1,26	0,31
MIC	0	144	19,37	1354,6	189,96	3,40	2,06	0	0	154	12,92	1074,3	253,59	11,12	3,39	0
PRED	0	160	20,73	1667,7	196,91	4,52	2,32	0	0	96	6,25	333,38	292,36	13,42	3,57	0
ONI	0	200	49	2533,2	102,72	1,06	1,30	0,08	0	378	33,40	4991	211,52	12,52	3,30	0
PP	0	1242	179,44	76278	153,92	5,44	2,37	0	0	256	65,70	5009,5	107,73	0,62	1,27	0,04
Guildas funcionais																
Ba₁	0	390	78,01	8346	117,1	2,90	1,78	0,06	0	203	66,16	3323,4	87,13	-0,18	0,74	0,55
Ba₂	0	800	90,07	25116	175,94	9,53	2,99	0	0	175	13,90	1168,5	245,92	3,33	11,67	0
Ba₃	0	132	9,05	550,82	259,33	17,11	3,90	0	0	192	23,83	1778,6	176,92	5,23	2,21	0
Mi₂	0	144	19,37	1354,6	189,96	3,40	2,06	0,08	0	154	12,92	1074,3	253,59	11,12	3,39	0
Pr₂	0	25	1,68	36,34	357,24	8,86	3,27	0,009	0	0	0	0	0	0	0	0
Pr₃	0	80	5,25	271,41	313,80	11,51	3,46	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0
Pr₄	0	160	13,80	1446,1	275,56	7,84	2,98	0,003	0	96	6,25	333,88	292,36	13,42	3,57	0
On₄	0	200	43,92	2218,2	107,22	1,76	1,44	0	0	70	9,37	390,04	210,66	3,21	2,01	0
H₂	0	50	1,80	73,19	475,28	24,31	4,97	0	0	110	14,87	711,55	179,33	3,96	2,06	0
H₃	0	1224	171,59	73342	157,83	5,86	2,43	0	0	256	50,82	3817,6	121,57	2,10	1,55	0,03
H₄	0	75	3,05	163,13	419,76	23,84	4,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H₅	0	80	3	175,59	441,70	27,14	5,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mín., Máx. e Méd.: valores mínimo, máximo e médio; Var.: variância; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; Coef. Curt.: coeficiente de curtose; Coef. Assim.: coeficiente de assimetria; K-S: valor no teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; BACT: bacteriófagos; MIC: micófagos; PRED: predadores; ONI: onívoros; PP: parasitos de plantas; Ba₁: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 1, Ba₂: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 2, Ba₃: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 3, Mi₂: guilda funcional para micófagos com c-p 2, Pr₂: guilda funcional para predadores com c-p 2, Pr₃: guilda funcional para predadores com c-p 3, Pr₄: guilda funcional para predadores com c-p 4; On₄: guilda funcional para onívoros com c-p 4, H₂: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 2, H₃: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 3, H₄: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 4; H₅: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 5.

Tabela 6. Estatística descritiva dos grupos tróficos e guildas funcionais dos nematoides nos fragmentos da Caatinga e em plantio comercial de coqueirais em Pernambuco no período seco.

Grupos tróficos	Caatinga								Coqueiral							
	Período seco								Período seco							
	Min	Max	Méd	Var	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS	Min	Max	Méd	Var	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS
BACT	0	1134	393,44	105000	82,36	-0,50	0,71	0,57	72	2900	524,61	265014	98,12	9,59	2,79	0,02
MIC	0	900	91,87	23527	166,95	17,45	3,85	0,004	0	100	21,70	866,63	135,66	0,34	1,18	0
PRED	0	62	9,85	288,03	172,30	1,95	1,65	0	0	520	32,17	7527,3	269,65	23,43	4,68	0
ONI	0	528	74,03	14035	160,01	5,77	2,48	0,002	0	882	143,91	26221	112,52	8,75	2,48	0,12
PP	0	1204	216,59	99971	145,98	1,80	1,64	0,01	20	2772	442,46	251964	113,45	9,95	2,83	0,08
Guildas funcionais																
Ba₁	0	1092	230,66	53262	100,05	4,13	1,88	0,24	0	2760	410,06	240332	119,55	11,70	3,16	0,01
Ba₂	0	598	146,22	27142	112,67	0,19	1,18	0,01	0	391	50,57	6108,6	154,54	9,33	2,95	0,003
Ba₃	0	210	16,55	1534,6	236,70	13,33	3,45	0	0	840	63,97	19555	218,58	22,36	4,60	0
Mi₂	0	900	91,87	23527	166,95	17,45	3,85	0,004	0	100	21,70	866,63	135,66	0,34	1,18	0
Pr₂	0	60	2,15	104,90	476,38	24,54	4,99	0	0	54	1,35	72,90	632,46	35,02	6,08	0
Pr₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	420	18,05	5018,9	392,49	24,62	4,92	0
Pr₄	0	62	7,7	217,09	191,35	3,15	1,89	0	0	120	12,77	840,03	226,87	4,86	2,38	0
On₄	0	528	56,38	10306	180,03	10,71	3,15	0,002	0	325	70,53	5855	108,48	2,29	1,63	0
H₂	0	54	3,25	141,27	365,71	10,82	3,50	0	0	375	30,07	4300,4	218,05	17,43	3,91	0,15
H₃	0	1204	212,69	101270	149,62	1,76	1,63	0,01	0	2751	400,14	259131	127,22	9,78	2,85	0
H₄	0	26	0,65	16,90	632,46	35,02	6,08	0	0	207	12,25	1409,3	306,46	16,95	4,01	0,04
H₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mín., Máx. e Méd.: valores mínimo, máximo e médio; Var.: variância; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; Coef. Curtose: coeficiente de curtose; Coef. Assim.: coeficiente de assimetria; K-S: valor no teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; BACT: bacteriófagos; MIC: micófagos; PRED: predadores; ONI: onívoros; PP: parasitos de plantas; Ba₁: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 1, Ba₂: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 2, Ba₃: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 3, Mi₂: guilda funcional para micófagos com c-p 2, Pr₂: guilda funcional para predadores com c-p 2, Pr₃: guilda funcional para predadores com c-p 3, Pr₄: guilda funcional para predadores com c-p 4; On₄: guilda funcional para onívoros com c-p 4, H₂: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 2, H₃: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 3, H₄: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 4; H₅: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 5.

Foram identificados 34 *taxa* de nematoides, entre eles 32 gêneros e duas famílias. Durante o período chuvoso na caatinga (PCCA), foram identificados 28 *taxa*, sendo 26 gêneros e duas famílias e, durante o período seco, na caatinga (PSCA), foram identificados 25 *taxa*, sendo 23 gêneros e duas famílias. No período chuvoso no coqueiral (PCCO), foram encontrados 19 *taxa* de nematoides, sendo 17 gêneros e duas famílias e, no período seco (PSCO), foram encontrados 21 *taxa*, sendo 19 gêneros e duas famílias. Em ambas as áreas de estudo, foram encontrados 15 *taxa* de nematoides, 13 gêneros e duas famílias (Tabela 7).

Durante o PCCA, os nematoides parasitos de plantas foram os maiores dominantes com 40,26%, seguido, pelos bacteriófagos, onívoros, predadores e micófagos, com 39,74%, 10,99%, 4,65% e 4,35%, respectivamente. Dentre os nematoides parasitos de plantas, o gênero *Helicotylenchus* foi o maior dominante com 29,18%, seguido pelos gêneros *Pratylenchus* e *Tylenchorhynchus*, com 5,13% e 2,88%. No segundo grupo trófico mais dominante, os nematoides do gênero *Acrobeles* foram os maiores representantes com 19,64%, seguidos pelos nematoides da família Rhabditidae com 15,60% (Tabela 7).

No PSCA, os nematoides bacteriófagos foram os maiores representantes, com 50,07% de dominância, seguido, pelos nematoides parasitos de plantas, micófagos, onívoros e predadores, com 27,56%, 11,69%, 9,42% e 1,25% de dominância, respectivamente. Dentre bacteriófagos, os nematoides da família Rhabditidae e os nematoides do gênero *Acrobeles* foram os maiores representantes, com 14,53% e 17,94% de dominância, respectivamente. Os gêneros *Helicotylenchus* e *Tylenchorhynchus* foram os fitonematoides dominantes com 16,58% e 8,37%, respectivamente (Tabela 7).

Os nematoides do gênero *Hoplolaimus* (parasita de plantas) foram restritos ao ambiente de caatinga. Alguns nematoides foram restritos ao PCCA, sendo os nematoides dos gêneros *Nothotylenchus* (micófago), *Dorylaimus* (onívoro), *Dorylaimoides* (onívoro), *Xiphinema* (parasito de plantas), *Rotylenchus* (parasito de plantas) e *Paratrichodorus* (parasito de plantas). Foram restritos ao PSCA, os nematoides dos gêneros *Laymidorus* (onívoro) e *Radopholus* (parasito de plantas) (Tabela 7).

Durante o PCCO, os nematoides bacteriófagos foram dominantes com 46,76%, seguidos pelos parasitas de plantas, onívoros, micófagos e predadores com 29,57%, 15,03%, 5,82% e 2,81% de dominância, respectivamente. Os nematoides da família Rhabditidae foram os maiores representantes, com 28,26% de dominância. No segundo grupo trófico mais abundante, os nematoides do gênero *Hemicyclophora* foram os maiores representantes, com 15,56% de dominância (Tabela 7).

No PSCO, os nematoides bacteriófagos foram os maiores dominantes, com 45,04%, seguidos por parasitos de plantas, onívoros, predadores e micófagos, com 37,98%, 12,35%, 2,76% e 1,86% de dominância, respectivamente. Os nematoides da família Rhabditidae foram responsáveis por 31,25% da dominância entre os bacteriófagos. Dentre os nematoides parasitos de plantas, os nematoides dos gêneros *Tylenchorhynchus* e *Hemicycliphora* foram os mais dominantes, com 17,16% e 15,78%, respectivamente (Tabela 7). Os nematoides parasitos de plantas dos gêneros *Bursaphelenchus* e *Hemicycliphora* foram restritos à área de plantio de coqueiros (Tabela 7).

Tabela 7. Abundância, média, desvio padrão e dominância dos *taxa* de nematoides em fragmentos da Caatinga e plantio de coqueiros no município de Petrolina-PE nos dois períodos (chuvoso e seco) da coleta de amostras de solo.

Grupos Tóxicos	GF	Caatinga						Coqueiral					
		Período chuvoso			Período seco			Período chuvoso			Período seco		
		A	Média±DP	D (%)	A	Média±DP	D (%)	A	Média±DP	D (%)	A	Média±DP	D (%)
Bacteriófagos		7085,5	177,14±189,55	39,74	15737,5	393,44±324,04	50,07	4156	103,90±98,98	46,76	20984,5	524,61±514,80	45,04
Rhabditidae●	Ba ₁	2781	69,53±91,85	15,60	4566	114,15±97,35	14,53	2511,5	62,79±54,78	28,26	14467,5	361,69±490,97	31,05
<i>Rhabditis</i>	Ba ₁	0	0±0	0	1126	28,15±50,04	3,58	0	0±0	0	995	24,88±38,92	2,14
<i>Acrobeles</i> ●	Ba ₂	3501	87,53±156,97	19,64	5640	141±158,01	17,94	524	13,10±33,34	5,90	1973	49,33±74,37	4,23
<i>Wilsonema</i> ●	Ba ₂	102	2,55±6,95	0,57	209	5,23±18,71	0,66	32	0,80±5,06	0,36	50	1,25±7,91	0,11
<i>Diplogaster</i>	Ba ₁	232	5,80±11,71	1,30	854,5	21,36±36,57	2,72	135	3,38±13,42	1,52	0	0±0	0
<i>Panagrolaimus</i>	Ba ₁	107,5	2,69±14,11	0,60	2680	67±148,53	8,53	0	0±0	0	940	23,50±32,03	2,02
<i>Prismatolaimus</i> ●	Ba ₃	362	9,05±23,47	2,03	662	16,55±39,17	2,11	953,5	23,84±42,17	10,73	2559	63,98±139,84	5,49
Micófagos		775	19,38±36,80	4,35	3675	91,88±153,39	11,69	517	12,93±32,78	5,82	868	21,70±29,44	1,86
<i>Aphelenchus</i> ●	Mi ₂	130,5	3,26±13,64	0,73	2794	69,85±101,01	8,89	50	1,25±5,56	0,56	428	10,70±22,87	0,92
<i>Aphelenchoides</i> ●	Mi ₂	609,5	15,24±34,79	3,42	881	22,03±73,68	2,80	467	11,68±30,74	5,25	440	11±23,62	0,94
<i>Nothotylenchus</i>	Mi ₂	35	0,88±5,53	0,20	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
Predadores		829,5	20,74±40,84	4,65	394	9,85±16,97	1,25	250	6,25±18,27	2,81	1287	32,18±86,76	2,76
Mononchidae●	Pr ₄	552	13,80±38,03	3,10	308	7,70±14,73	0,98	250	6,25±18,27	2,81	511	12,78±28,98	1,10
<i>Tripyla</i>	Pr ₃	210	5,25±16,47	1,18	0	0±0	0	0	0±0	0	722	18,05±70,84	1,55
<i>Seinura</i>	Pr ₂	67,5	1,69±6,03	0,38	86	2,15±10,24	0,27	0	0±0	0	54	1,35±8,54	0,12
Onívoros		1960	49±50,33	10,99	2961,5	74,04±118,47	9,42	1336	33,40±70,65	15,03	5756,5	143,91±161,93	12,35
<i>Dorylaimus</i>	On ₄	154	3,85±15,35	0,86	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Eudorylaimus</i> ●	On ₄	885,5	22,14±35,22	4,97	333	8,33±19,91	1,06	62	1,55±6,90	0,70	934	23,35±54,16	2
<i>Prodorylaimus</i>	On ₄	0	0±0	0	842	21,05±89,59	2,68	101	2,53±11,99	1,14	518,5	12,96±25,15	1,11
<i>Mesodorylaimus</i> ●	On ₄	238	5,95±16,74	1,34	706	17,65±56,88	2,25	961	24,03±63,67	10,81	2935	73,38±142,24	6,30
<i>Dorylaimoides</i>	On ₄	25	0,63±3,95	0,14	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Laimydorus</i>	On ₄	0	0±0	0	128	3,20±16,78	0,41	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Labronema</i> ●	On ₄	254,5	6,36±14,35	1,43	577	14,43±25,39	1,84	35	0,88±5,53	0,39	715	17,88±27,60	1,53
<i>Thornia</i> ●	On ₄	403	10,08±19,73	2,26	375,5	9,39±22,29	1,19	177	4,43±10,78	1,99	654	16,35±22,71	1,40

Parasitas de plantas		7177,5	179,44±276,19	40,26	8663,5	216,59±316,18	27,56	2628	65,70±70,78	29,57	17698,5	442,46±501,96	37,98
<i>Xiphinema</i>	H ₅	120	3±13,25	0,67	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Helicotylenchus</i> ●	H ₃	5201,5	130,04±250,36	29,18	5212,5	130,31±263,22	16,58	140	3,50±22,14	1,58	146	3,65±14	0,31
<i>Pratylenchus</i>	H ₃	914,5	22,86±50,79	5,13	139	3,48±11,05	0,44	0	0±0	0	443	11,08±54,99	0,95
<i>Hoplolaimus</i>	H ₃	137,5	3,44±14,01	0,77	73	1,83±8,47	0,23	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Criconemoides</i> ●	H ₃	57	1,43±6,81	0,32	425	10,63±67,20	1,35	402	10,05±35,83	4,52	69	1,73±10,91	0,15
<i>Tylenchorhynchus</i> ●	H ₃	513	12,83±25,49	2,88	2632	65,80±162,58	8,37	108	2,70±8,34	1,22	7995	199,88±460,05	17,16
<i>Rotylenchus</i>	H ₃	40	1±6,32	0,22	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Tylenchus</i> ●	H ₂	72	1,80±8,56	0,40	130	3,25±11,89	0,41	96	2,40±15,18	1,08	302	7,55±24,31	0,65
<i>Trichodorus</i>	H ₄	47	1,18±5,20	0,26	26	0,65±4,11	0,08	0	0±0	0	490	12,25±37,54	1,05
<i>Paratrichodorus</i>	H ₄	75	1,88±8,75	0,42	0	0±0	0	0	0±0	0	0	0±0	0
<i>Bursaphelenchus</i>	H ₂	0	0±0	0	0	0±0	0	499	12,48±23,29	5,61	901	22,53±63,70	1,93
<i>Hemicycliphora</i>	H ₃	0	0±0	0	0	0±0	0	1383	34,58±51,43	15,56	7352,5	183,81±344,31	15,78
<i>Radopholus</i>	H ₃	0	0±0	0	26	0,65±4,11	0,08	0	0±0	0	0	0±0	0

GF: guildas funcionais, A (abundância): somatório do número de nematoides em 40 amostras de solo dos diferentes fragmentos de biomas (300 cm³ de solo por amostra), M±DP: número médio e desvio padrão do número de nematoides em amostras de solo nos diferentes fragmentos de biomas (300 cm³ de solo por amostra), D (%): dominância de cada grupo trófico e *taxa* expresso em porcentagem. ● *Taxa* comuns à Caatinga e plantio de coqueiros em ambos os períodos avaliados.

No PCCA, a distribuição das diferentes estratégias alimentares dos nematoides parasitos de plantas foi de 65,3 % de semiendoparasitas, 18,55% de ectoparasitas e 16,2% de endoparasitas migradores (Figura 2). No PSCA, os semiendoparasitas apresentaram dominância de 59,1%, seguidos pelos ectoparasitas (39,5 %) e endoparasitas migradores (1,5 %) (Figura 2). Na caatinga, em ambos os períodos, não foram detectados nematoides endoparasitas sedentários.

No PCCO, a distribuição das diferentes estratégias alimentares dos nematoides parasitos de plantas foi de 73,5% de ectoparasitas, 22,9% de endoparasitas migradores e 3,6% de semiendoparasitas (Figura 2). No PSCO, os ectoparasitas apresentaram dominância de 91,1 %, seguidos pelos endoparasitas migradores com 7,9 % e semiendoparasitas com 1 % (Figura 2). Assim, como na caatinga, em ambos os períodos, não foram identificados nematoides endoparasitas sedentários no plantio de coqueiros.

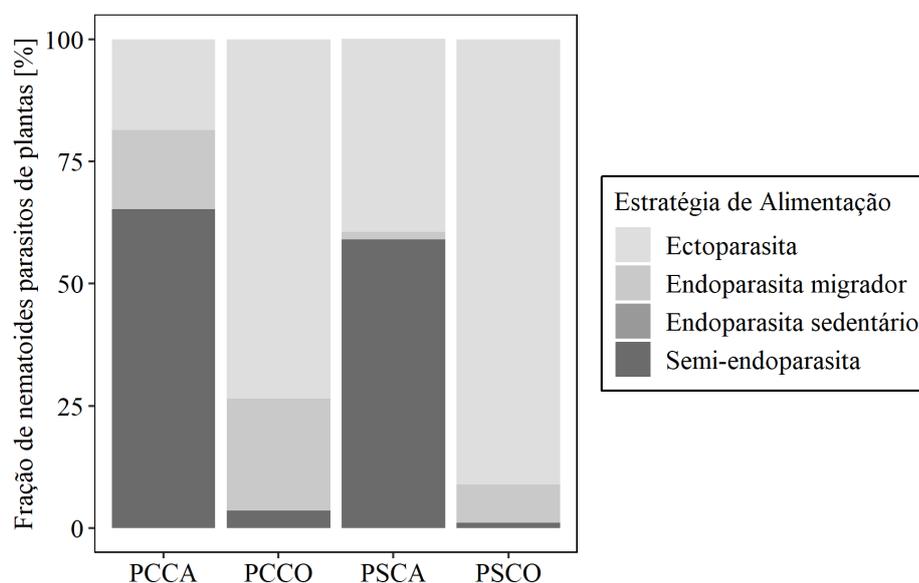


Figura 2. Distribuição das frequências das estratégias de alimentação de nematoides parasitos de plantas encontrados em amostras de solo coletadas no período chuvoso Caatinga (PCCA), período chuvoso coqueiral (PCCO), período seco Caatinga (PSCA) e período seco coqueiral (PSCO).

Independente dos períodos avaliados, a análise NMDS evidenciou que a caatinga e o coqueiral são ambientes distintos (Figura 3). Esses grupos também foram confirmados com diferenças estatísticas no teste ANOSIM, mostrando diferenças na composição da comunidade de nematoides entre a caatinga e o plantio comercial de coqueiros (Global R= 0,2577; P<0,0001). A composição da comunidade de nematoides foi diferente entre a Caatinga e o plantio comercial de coco, com dissimilaridade média geral de 75,54%. Os gêneros *Acrobeles* (8,61 %) e *Hemicycliophora* (8,09%) foram os maiores responsáveis pelas

as diferenças na composição na comunidade de nematoides entre esses dois ambientes (Tabela 8).

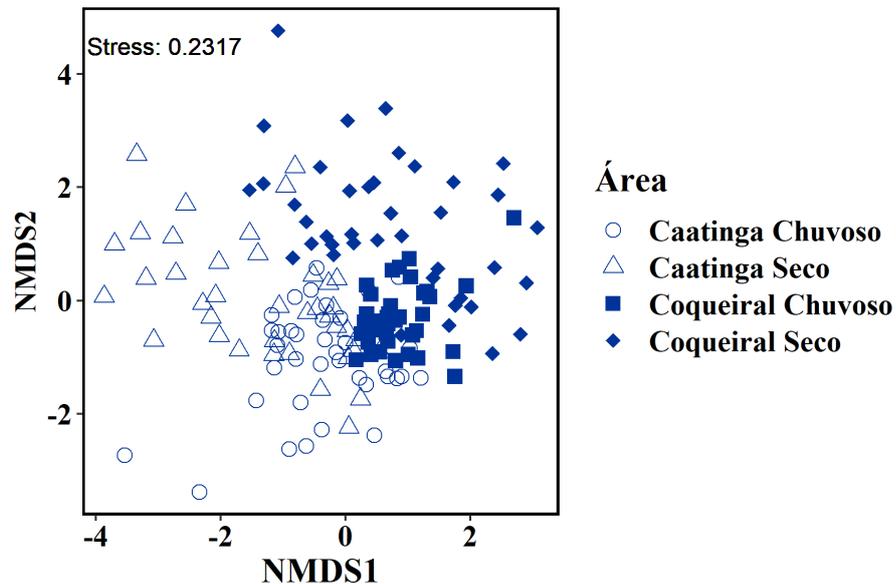


Figura 3. Ordenação de escala multidimensional não métrica (NMDS), baseada no índice de dissimilaridade euclidiana, mostrando a composição da comunidade de nematoides sob influência da caatinga e do coqueiral independente dos períodos avaliados.

Tabela 8. Resultados da análise SIMPER mostrando os *taxa* que mais contribuíram para a dissimilaridade das comunidades de nematoides entre a caatinga e o plantio de coqueiros independente dos períodos de avaliação.

Nematoide	Contribuição (%)	Cont. acum. (%)	Abundância média	
			Caatinga	Coqueiral
Dissimilaridade média geral: 75,54 %				
<i>Acrobeles</i>	8,61	8,61	1,43	0,75
<i>Hemicycliphora</i>	8,09	16,71	0	1,15
<i>Helicotylenchus</i>	7,29	32,02	1,12	0,08
<i>Prismatolaimus</i>	5,88	37,91	0,40	0,88
<i>Mesodorylaimus</i>	4,93	48,66	0,29	0,68
<i>Aphelenchus</i>	4,62	53,28	0,67	0,23
<i>Eudorylaimus</i>	4,19	61,67	0,49	0,29
<i>Bursaphelenchus</i>	3,52	76,75	0	0,49

Dados transformados em $\log(x+1)$. Cont. acuml.; contribuição acumulada em porcentagem.

3.3 Aspectos ecológicos: classificação c-p e classificação p-p

No PCCA, os nematoides c-p 2 foram dominantes e representaram 39,1% do total de indivíduos, seguidos das c-p1 (29,6%), c-p 4 (25,5 %) e c-p 3 (5,8%), e, os nematoides c-p 5 foram ausentes (Figura 6). Durante o PSCA, os nematoides c-p 2 permaneceram dominantes

com um aumento para 43,4% de dominância, seguidos pelas c-p 1 (39,3 %), c-p 4 (15%), c-p 3 (2,2 %), sendo que os nematoides c-p 5 continuaram ausentes (Figura 6).

No PCCO, os nematoides c-p 1 foram dominantes e representaram 53,7 % do total de indivíduos, seguidos das c-p 4 (17,9%), c-p 2 (16%) e c-p 3 (12,4%) (Figura 6). Durante o PSCO, os nematoides c-p 1 tiveram dominância de 51,6 %, seguidos por c-p 4, c-p 2 e c-p 3, com 22,8%, 14,2%, 11,3%, respectivamente (Figura 6). Em ambos os períodos, os nematoides c-p 5 foram ausentes.

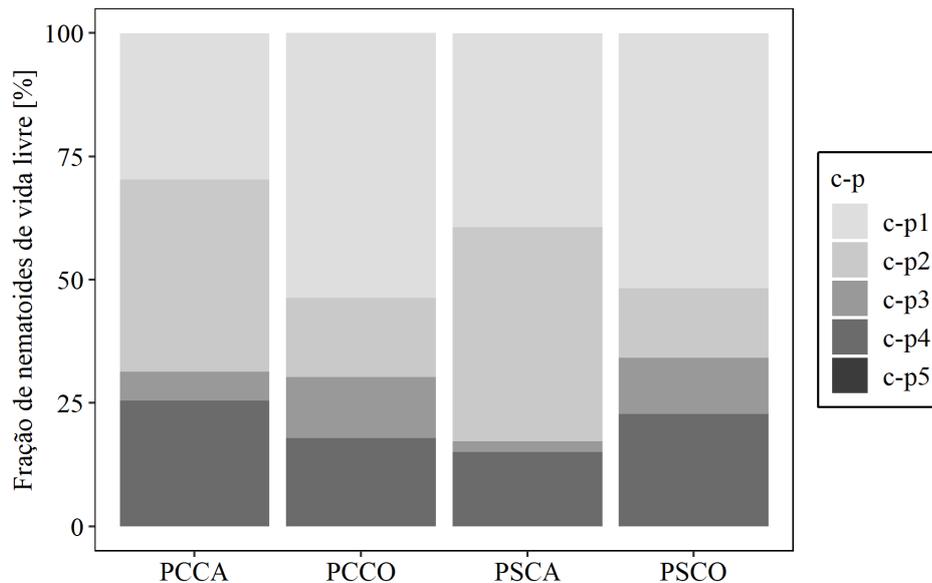


Figura 6. Distribuição da estrutura colonizador-persistente das comunidades de nematoides de vida livre (c-p 1 a c-p 5), em período chuvoso, na Caatinga (PCCA) e no coqueiral (PCCO), e em período seco, na Caatinga (PSCA) e no coqueiral (PSCO).

Na escala dos nematoides parasitas de plantas, no PCCA, os nematoides p-p 3 foram os mais dominantes representando 93,3% do total de indivíduos, seguidos pelos nematoides p-p 2, p-p 4 e p-p 5 com 2,9%, 2,6% e 1,3%, respectivamente (Figura 7). Durante o PCCO, os nematoides p-p 4 e p-p 5 foram ausentes e os nematoides p-p 3 foram dominantes com 76,3% seguido pelos nematoides p-p 2 (Figura 7). Em relação ao PSCA, houve ausência dos nematoides p-p 5 e os nematoides p-p 3 continuaram dominantes com 89,7% do total de indivíduos, seguidos pelos nematoides p-p 2 e p-p 4 com 10% e 0,3%, respectivamente (Figura 7). No PSCO, os nematoides p-p 3 foram dominantes com 87,5% do total de indivíduos, seguidos pelos nematoides p-p 2 com 8,6% e p-p 3 com 3,8%, com ausência dos nematoides p-p 5 (Figura 7).

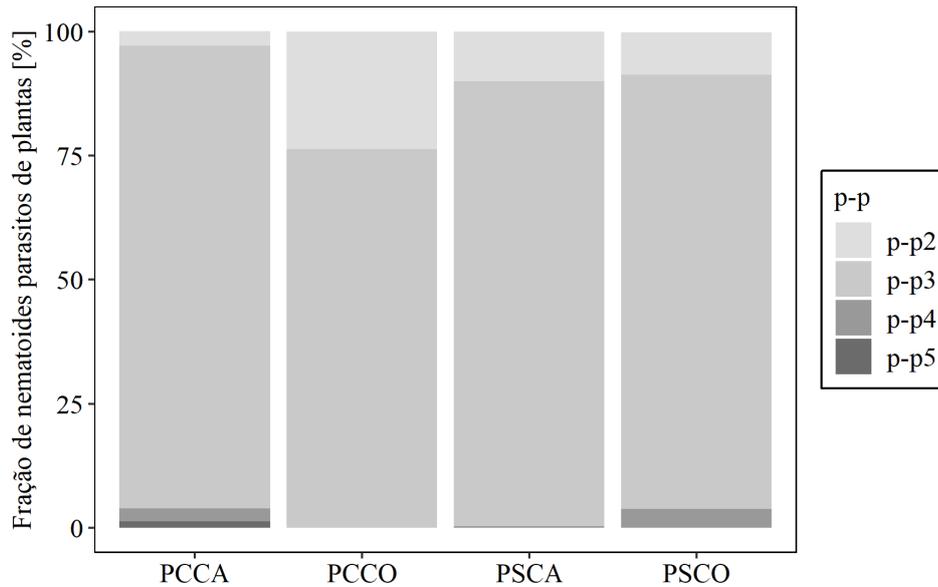


Figura 7. Distribuição da estrutura das comunidades de nematoides parasitos de plantas (p-p 2 a p-p 5), em período chuvoso, na Caatinga (PCCA) e no coqueiral (PCCO), e em período seco, na Caatinga (PSCA) e no coqueiral (PSCO).

3.4 Índices ecológicos

O IM obteve valores médios de 2,33 no PCCA, 1,91 no PCCO, 1,95 no PSCA e 2,01 no PSCO (Tabela 10). Em relação ao IPP na Caatinga e no plantio de coqueiros em ambos os períodos de avaliação, os valores médios foram próximos a dois (Tabela 10). O IC e o IB foram superiores durante o PSCA em relação aos outros períodos e ambientes avaliados (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios dos índices ecológicos das comunidades de nematoides nos fragmentos da Caatinga e em plantio de coqueiros no município de Petrolina-PE.

Índices ecológicos	Valores médios			
	PCCA	PSCA	PCCO	PSCO
IM	2,33	1,95	1,91	2,01
IM₂₋₅	2,91	2,52	3,08	3,16
IPP	3,04	2,9	2,76	2,92
IC	5,54	12,02	9,92	2,43
IB	18,54	20,96	10,09	5,31
IE	63,72	74,58	85,36	88,8
IS	68,1	46,95	74,92	82,3

PCCA: período chuvoso na Caatinga; PSCA: período seco na Caatinga; PCCO: período chuvoso no coqueiral; PSCO: período seco no coqueiral; IM: índice de maturidade; IM₂₋₅: índice de maturidade dos nematoides de vida livre com c-p de 2 a 5; IPP: índice de parasitos

de plantas; IC: índice de canal; IB: índice basal; IE: índice de enriquecimento; IS: índice de estrutura.

De acordo com a análise da cadeia alimentar (*food web analysis*) baseada no IE e IS, os períodos PCCA, PCCO e PSCO encontram-se estruturados e em maturação, sendo o PSCO com maiores valores (IE=88,8; IS=82,3) (Tabela 10) (Figura 8). O PSCA encontra-se perturbado (Figura 8).

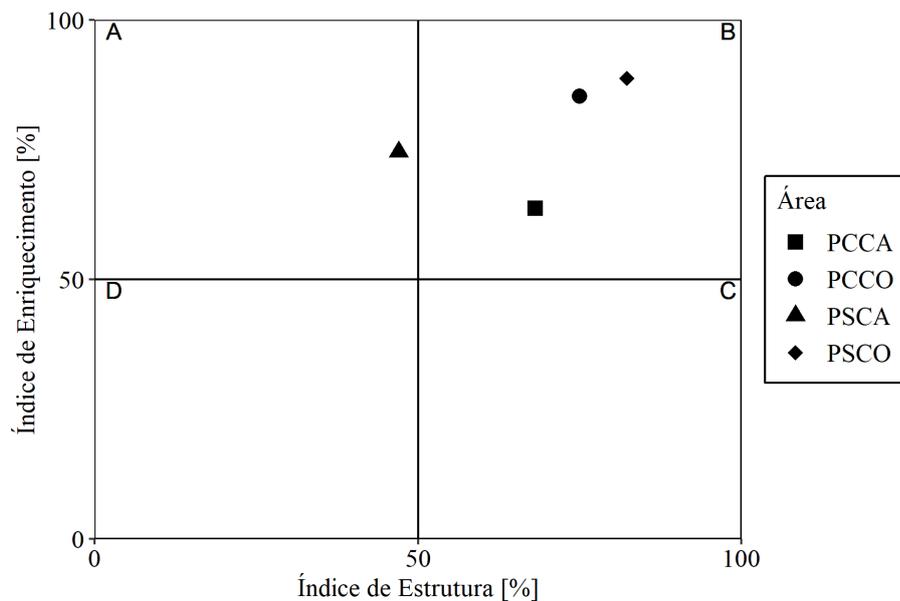


Figura 8. Análise da cadeia alimentar (*food web analysis*) do solo com base nas comunidades de nematoides com a distribuição no período chuvoso Caatinga (PCCA), período chuvoso coqueiral (PCCO), período seco Caatinga (PSCA) e período seco coqueiral (PSCO).

3.5 Relações entre as comunidades de nematoides e os atributos físicos e químicos do solo

Em ambas as áreas e períodos de avaliação não foi possível observar correlações fortes (positivas ou negativas) entre os gêneros/famílias de nematoides e os atributos físicos e químicos do solo.

Durante o PCCA (Figura 9a), os nematoides do gênero *Paratrichodorus* tiveram fraca correlação positiva ($r = 29\%$; $P \leq 0,05$) com a densidade do solo, os nematoides do gênero *Rotylenchus* tiveram correlação positiva fraca ($r = 32\%$; $P \leq 0,05$) com a temperatura do solo, os nematoides do gênero *Tylenchorhynchus* tiveram fraca correlação positiva com o teor de areia ($r = 25\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Criconemoides* tiveram fraca correlação positiva com a densidade de partículas ($r = 36\%$; $P \leq 0,05$) e teor de areia ($r = 31\%$; $P \leq 0,05$) e correlações negativas com o teor de silte ($r = -27\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Hoplolaimus* tiveram correlação negativa com o pH do solo ($r = -27\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Helicotylenchus* tiveram correlação negativa com a temperatura do solo

($r = -43\%$; $P \leq 0,05$) e o nematoides do gênero *Xiphinema* tiveram correlação negativa com a temperatura do solo ($r = -25\%$; $P \leq 0,05$) e correlação positiva com a porosidade ($r = 25\%$; $P \leq 0,05$) e condutividade elétrica do solo ($r = 36\%$; $P \leq 0,05$).

No PCCO (Figura 9b), os nematoides do gênero *Hemicycliophora* tiveram fraca correlação negativa com a densidade do solo ($r = -32\%$; $P \leq 0,05$) e o teor de areia do solo ($r = -27\%$; $P \leq 0,05$) e fracas correlações positivas com a condutividade elétrica do solo ($r = 29\%$; $P \leq 0,05$), teor de silte ($r = 35\%$; $P \leq 0,05$) e teor de matéria orgânica do solo ($r = 25\%$; $P \leq 0,05$). Os nematoides do gênero *Tylenchorhynchus* tiveram fracas correlações negativas com a temperatura ($r = -29\%$; $P \leq 0,05$) e densidade de partículas ($r = -29\%$; $P \leq 0,05$) e os nematoides do gênero *Criconemoides* tiveram fraca correlação negativa com a umidade do solo ($r = -28\%$; $P \leq 0,05$).

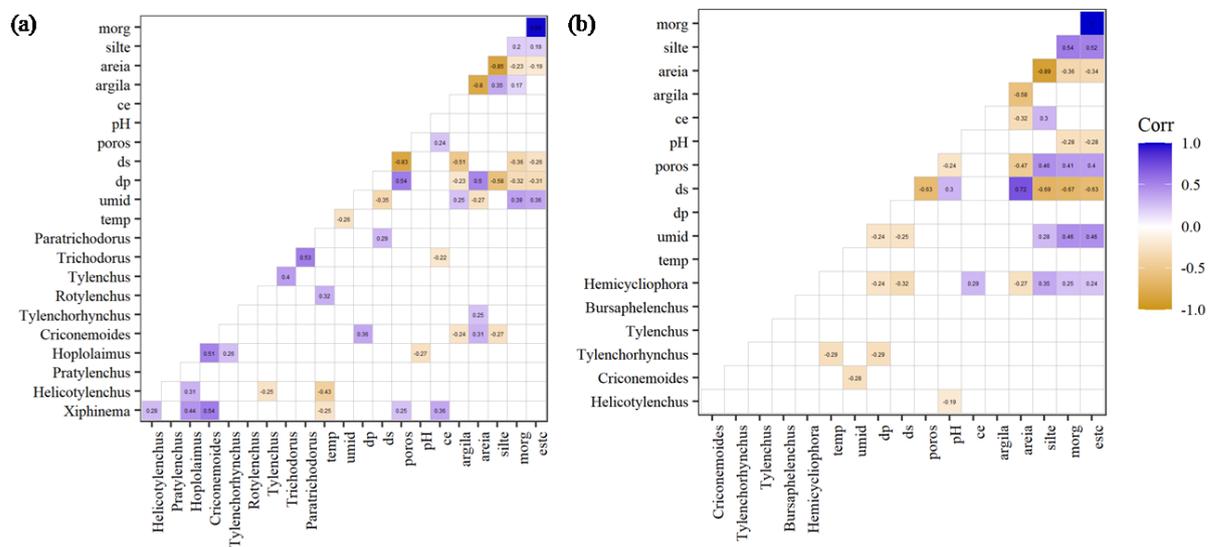


Figura 9. Matriz de correlação de Pearson representada no correlograma, destacando as correlações significativas ($P \leq 0,05$) entre os atributos do solo e a comunidade de nematoides parasitas de plantas de acordo com as áreas estudadas no período chuvoso. (a): Área de Caatinga; (b): Plantio comercial de coqueiros; dp: densidade de partículas; ds: densidade do solo; poros: porosidade do solo; areia: teor de areia; argila: teor de argila; silte: teor de silte; umid: umidade do solo; temp: temperatura do solo; ce: condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; morg: teor de matéria orgânica do solo.

No PSCA (Figura 10a), os nematoides do gênero *Trichorodorus* tiveram fraca correlação negativa com o pH do solo ($r = -29\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Tylenchorhynchus* tiveram fraca correlação negativa com o teor de areia do solo ($r = -27\%$; $P \leq 0,05$) e fraca correlação positiva com o teor de silte do solo ($r = 30\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Criconemoides* tiveram fraca correlação positiva com a umidade do

solo ($r = 29\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Hoplolaimus* ($r = -34\%$; $P \leq 0,05$) e *Helicotylenchus* ($r = -33\%$; $P \leq 0,05$), tiveram fraca correlação negativa com o pH do solo.

Durante o PSCO (Figura 10b), os nematoides do gênero *Hemicycliphora* tiveram fracas correlações positivas com a umidade do solo ($r = 27\%$; $P \leq 0,05$), teor de matéria orgânica do solo ($r = 32\%$; $P \leq 0,05$) e estoque de carbono do solo ($r = 30\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Bursaphelenchus* tiveram fracas correlações negativas com o pH do solo ($r = -43\%$; $P \leq 0,05$), teor de matéria orgânica do solo e estoque de carbono do solo ($r = -35\%$; $P \leq 0,05$), os nematoides do gênero *Criconemoides* tiveram fraca correlação negativa com a temperatura do solo ($r = -25\%$; $P \leq 0,05$) e os nematoides do gênero *Pratylenchus* tiveram fraca correlação negativa com a densidade de partículas ($r = -36\%$; $P \leq 0,05$).

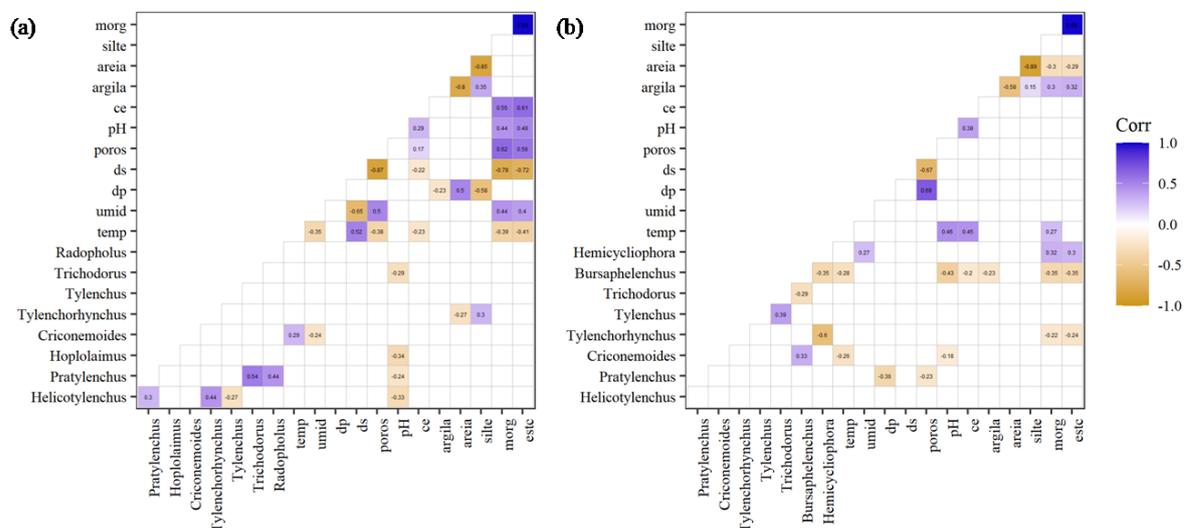


Figura 10. Matriz de correlação de Pearson representada no correlograma, destacando as correlações significativas ($P \leq 0,05$) entre os atributos do solo e a comunidade de nematoides parasitas de plantas de acordo com as áreas estudadas no período seco. (a): Área de Caatinga; (b): Plantio comercial de coqueiros; dp: densidade de partículas; ds: densidade do solo; poros: porosidade do solo; areia: teor de areia; argila: teor de argila; silte: teor de silte; umid: umidade do solo; temp: temperatura do solo; ce: condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; morg: teor de matéria orgânica do solo.

Pela análise de redundância (RDA), que relaciona as guildas funcionais, os atributos (físicos e químicos) do solo e as diferentes áreas estudadas, observou-se que os dois primeiros eixos foram responsáveis por 11,08% da variação total das guildas funcionais dos nematoides nas diferentes áreas (Figura 11). O primeiro eixo (RDA1) foi responsável por 6,64% e o segundo eixo (RDA2) foi responsável por 4,43% da variação total. Pelo teste de forward dos atributos físicos e químicos estudados, apenas, a temperatura (p value: 0,001) foi significativa, influenciando positivamente a guilda Pr₄. O teor de silte exerceu influência no PCCA,

enquanto no PCCO, foi a densidade do solo que exerceu influência. A temperatura exerceu influência no PSCA e, no PSCO, a porosidade.

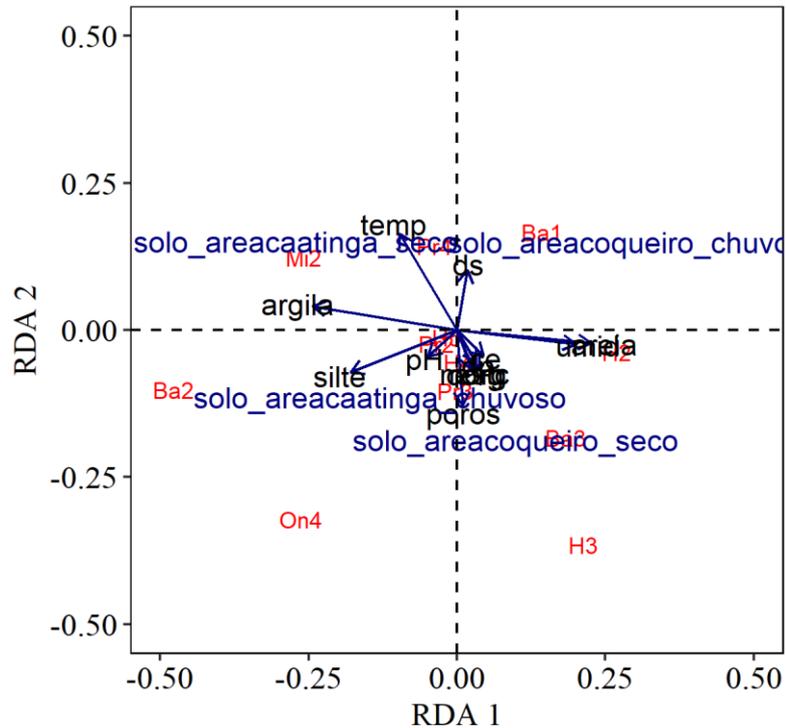


Figura 11. Análise de redundância (RDA) com base na relação entre as guildas funcionais nas áreas estudadas e as propriedades físico-químicas do solo em ambos os períodos (chuvoso e seco), em que: Ba₁: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 1, Ba₂: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 2, Ba₃: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 3, Mi₂: guilda funcional para micófitos com c-p 2, Pr₂: guilda funcional para predadores com c-p 2, Pr₃: guilda funcional para predadores com c-p 3, Pr₄: guilda funcional para predadores com c-p 4; On₄: guilda funcional para onívoros com c-p 4, H₂: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 2, H₃: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 3, H₄: guilda funcional para parasitos de plantas com p-p 4, Dp: densidade de partículas, Ds: densidade do solo, CE: condutividade elétrica do solo, Morg: matéria orgânica do solo, EstequeC: estoque de carbono do solo.

4. Discussão

4.1 Estrutura e composição das comunidades de nematoides

Contrapondo o que foi relatado por Sá et al. (2021), na Caatinga os nematoides bacteriófagos foram dominantes apenas no período seco e não em ambos os períodos de avaliação e essa mudança deve estar relacionada à redução da umidade do solo no período seco. Diferente do que foi proposto por Yan et al. (2018), em que os nematoides parasitas de

plantas foram dominantes em condição de seca, no presente estudo, os nematoides parasitos de plantas foram dominantes no período chuvoso.

Na Caatinga, os nematoides do gênero *Helicotylenchus* (semiendoparasitas) foram os mais representativos, com 29,18% no PCCA e 16,58% no PSCA. Estes nematoides, podem se comportar como ectoparasitas ou como endoparasitas, mas, no NINJA, são classificados como semiendoparasitas. Estudos anteriores mostram que *Helicotylenchus* spp. podem ser encontrados ocasionando danos em culturas como bananeira, cana-de-açúcar, videira, coqueiro, alho, mamoeiro e mangueira (Bridge, 1979; Bridge et al., 1995; Caveness, 1967; Siddiqui, 1972; Siddiqui et al., 1973), culturas que são implantadas na região do Semiárido nordestino em substituição à vegetação nativa (Caatinga).

Os nematoides do gênero *Pratylenchus* (endoparasita migrador) foram encontrados no PCCA e PSCA com dominância de 5,13% e 0,44%, respectivamente. Segundo Júnior e Assunção (2021), as espécies *P. zae* e *P. brachyurus* foram encontradas parasitando plantas nativas da Caatinga. Muitas espécies de plantas podem ser relatadas sendo parasitadas por diferentes espécies de *Pratylenchus* como, coqueiro, videira, bananeira, cana-de-açúcar, manga, alho, mandioca e outras (Goodey et al., 1965; Khuong, 1983; Bridge et al., 1995; McKenry; Anwar, 2006; Gaidashova et al., 2010; Barbosa et al., 2013).

Os nematoides do gênero *Tylenchorhynchus* (ectoparasita) foram encontrados no PCCA, PSCA e PSCO com dominância de 2,88% e 8,37%, 17,16%, respectivamente. Segundo Siddiqui et al. (1973), esses nematoides já foram relatados parasitando espécies de palmáceas, bananeira, videira. Em mangueira, o parasitismo foi relatado por Bridge et al. (1995). De acordo com Diaz-Silveira e Herera (1998), *Tylenchorhynchus dubius* já foi relatado parasitando coqueiro.

Durante o período seco no plantio de coqueiros, os nematoides parasitas de plantas tiveram maior dominância que durante o período chuvoso. Diferente dos resultados de Sá et al. (2021), que encontraram *Bursaphelenchus* em baixa densidade populacional em áreas de Caatinga, neste estudo, este gênero foi restrito à área de plantio de coqueiros.

Bursaphelenchus cocophilus, agente causal do anel-vermelho do coqueiro, pode causar perdas produtivas de até 15% anuais (Chinchilla, 1991). Este nematoide pode ser introduzido em áreas de cultivo de palmáceas por meio de adultos do inseto *Rhynchophorus palmarum* L. 1964 e/ou *Metamasius hemipterus* L. 1758 (Coleoptera: Curculionidae) (Guerrero et al., 1994; Bulgarelli et al., 1998; Griffith et al., 2005; Araújo-Júnior et al., 2018). Além disso, podem ser citadas como formas de entrada do *B. cocophilus* em coqueirais, mudas oriundas de frutos contaminados e ferramentas de corte utilizadas durante a colheita

(Franco, 1964; Griffith; Koshy, 1990; Araújo, 1990; Chinchila, 1991; Warwick; Bezerra, 1992; Giblin-Davis, 2001).

A espécie *Bursaphelenchus fungivorus* (Franklin e Hooper, 1962) já foi relatada no Brasil em fibra de coco proveniente de Belém (PA) (Oliveira et al., 2011), no entanto, até o momento não existem relatos sobre esta espécie na região nordestina do Brasil.

Os nematoides do gênero *Hemicycliophora* foram restritos ao plantio de coqueiros e, no PCCO e PSCO, apresentaram dominância de 15,56% e 15,78%, respectivamente. Esses nematoides já foram relatados em coqueiro, cana-de-açúcar, videira, mandioca e outras culturas (Goodey et al., 1965; Schoemaker, 1967; Bridge et al., 1995; Subbotin et al., 2014; van den Berg et al., 2018).

Os nematoides do gênero *Criconemoides* foram mais dominantes no PCCO apresentando 4,52% de dominância. Existem relatos dos nematoides deste gênero parasitando coqueiro, videira, cana-de-açúcar e outras espécies de plantas (Siddiqui et al., 1973; Khuong, 1983; Diaz-Silveira; Herrera, 1998).

Os resultados no presente estudo demonstram que importantes nematoides fitoparasitas são encontrados na Caatinga e que podem se tornar problemas futuros caso sejam implantadas culturas como, cana-de-açúcar, videira e bananeira em solos do Semiárido. Ao observar a nematofauna da cocoicultura, é importante ressaltar a presença dos nematoides do gênero *Bursaphelenchus* e outros nematoides fitoparasitas que também já foram relatados em coqueiro, ainda que sejam, até o momento considerados de menor importância para a cultura.

A dissimilaridade entre Caatinga e o plantio de coqueiros ocorre em resposta à variação na abundância, presença ou ausência de algumas espécies e famílias de nematoides. Os nematoides do gênero *Acrobeles* (Cephalobidae) ocorrem em ambientes com poucos recursos, com condições de temperatura desfavoráveis e em regiões secas (Nielsen et al., 2014).

4.2 Aspectos ecológicos

Segundo Ferris et al. (2001), maiores abundâncias no solo dos nematoides com as escalas c-p 1 e c-p 2 ocorrem devido às suas características morfológicas, tipo de alimentação (micófagos ou bacteriófagos), disponibilidade de alimento, tipo de solo, presença de outros organismos, entre outros. Os nematoides c-p 1, por exemplo, pertencentes às famílias Rhabditidae e Diplogasteridae são considerados oportunistas de enriquecimento pois, respondem rapidamente a perturbações no solo (Ferris et al., 2004). De acordo com Pothula et al. (2019), ao analisar dados de solo com emprego da metanálise, foi possível revelar que a agricultura afeta o número de nematoides nas guildas funcionais c-p 4 e c-p 5, esses

nematoides são importantes, pois, contribuem para a complexidade da cadeia alimentar do solo.

Os nematoides parasitas de plantas p-p 3 foram encontrados com maior dominância em ambos os períodos avaliados na Caatinga e no plantio de coqueiros. Os nematoides p-p 3 são agrupados com as maiores quantidades de famílias, sendo elas, Haplolaimidae, Pratylenchidae, Heteroderidae, Meloidogynidae, Criconeematidae e Hemicyclophoridae (Bongers, 1988; Bongers, 1990).

4.3 Índices ecológicos

Os valores médios do IM indicam que o PCCA possui um nível de distúrbio maior que o PCCO e que, durante o PSCA, esse nível é menor que no PSCO. O IM representa a estabilidade e o grau de distúrbio ambiental, valores maiores que 1 e menores que 3 indicam que o ecossistema está perturbado/enriquecido e valores acima de 3 demonstram que o ecossistema está estabilizado/preservado, de acordo com a nematofauna encontrada no solo (Bongers, 1999).

O IPP apresentou valores próximos de 2 no PCCA, PCCO, PSCA e PSCO. Segundo Sánchez-Moreno e Ferris (2018), valores do IPP próximos a 2 é um indicativo que as comunidades de nematoides parasitas de plantas são dominadas por nematoides ectoparasitas com comprimento de médio a grande porte. O IB foi superior na Caatinga em ambos os períodos avaliados em relação à cocoicultura. De acordo com Ferris et al. (2001), este índice é baseado nos componentes basais da comunidade de nematoides do solo, obtendo valores mais altos em locais com condições diminuídas da cadeia alimentar do solo.

De acordo com o IE e o IS, junto à análise da cadeia alimentar (food web analysis), o PCCA, PCCO e PSCO encontram-se estruturados e em maturação, sendo o PSCO com maior valor, o que indica uma maior atividade dos altos níveis tróficos e maior capacidade para suprimir os organismos oportunistas, por exemplo, parasitas de plantas, podendo também ter maior capacidade em regular a ciclagem de nutrientes (Ferris et al., 2001; Sánchez-Moreno; Ferris, 2007; McSorley et al., 2008).

4.4 Relações entre as comunidades de nematoides e os atributos físicos e químicos do solo

A maioria dos nematoides teve correlação negativa com a temperatura do solo, exceto *Rotylenchus* durante o PCCA. De acordo com Bakonyi et al. (2007), a estrutura e a diversidade da nematofauna presente no solo são sensíveis a pequenas mudanças de umidade e temperatura do solo. A temperatura do solo é um fator fundamental para a biologia e o desenvolvimento dos nematoides, visto que são organismos pecilotérmicos (Perry, 2002).

O pH do solo, neste estudo, variou entre 5,2 a 6,5 e alguns gêneros de nematoides apresentaram correlações negativas com esta propriedade química do solo. Em contraposição, segundo Warner et al. (2009), em estudos em condições de laboratório e campo, o pH na faixa de 5 a 7 pareceu favorável ao crescimento das populações de nematoides de vida livre e parasitos de plantas.

Neste estudo, alguns gêneros apresentaram correlação positiva com a matéria orgânica do solo e com o estoque de carbono, corroborando com os resultados encontrados por Dias-Arieira et al. (2021), que também observaram correlação positiva entre alguns gêneros de nematoides e o teor de matéria orgânica do solo. Entretanto, alguns estudos demonstram que a matéria orgânica é responsável pela diminuição da abundância de nematoides e que alguns compostos antagonistas microbianos são formados com a decomposição da matéria orgânica do solo (Widmer et al., 2002). Ácidos orgânicos como, ácido propiônico, fórmico e butírico podem exercer efeitos tóxicos sobre nematoides parasitas de plantas quando formados a partir da decomposição da matéria orgânica do solo (Forghani; Hajihassani, 2020).

Na RDA, os nematoides predadores foram influenciados pela temperatura. De acordo com Ritzinger et al. (2010), temperaturas mais altas podem aumentar a atividade de alguns nematoides predadores, mas, se muito elevadas podem ser prejudiciais ou até mesmo letais para eles. Os nematoides possuem, em sua maioria, reprodução sexuada e, em condições de estresse, podem originar descendentes mais resistentes ou adaptados às condições adversas. Alguns nematoides respondem mais rápido ao aumento de temperatura, enquanto outros, respondem ao estresse hídrico ou aeração, por exemplo, a temperatura influencia na atividade de *Mononchus aquaticus* e causa declínio na taxa de predação (Ritzinger et al., 2010; Devi; George, 2018). A temperatura é um fator fundamental na embriogênese, formação do ovo e eclosão dos juvenis em todos os nematoides (Ritzinger et al., 2010).

5. Conclusões

As propriedades do solo e a estrutura e composição das comunidades de nematoides encontradas na Caatinga e no plantio de coqueiros são distintas. A abundância dos nematoides foi superior no período seco em ambas as áreas. No PCCA, os fitonematoides foram os mais dominantes, enquanto no PCCO foram os nematoides bacteriófagos. Durante o PSCA, os nematoides bacteriófagos foram dominantes, ao mesmo tempo em que no PSCO, os parasitos de plantas foram dominantes. Os nematoides do gênero *Bursaphelenchus* foram restritos à área do plantio de coqueiros. As comunidades de nematoides foram influenciadas apenas pela temperatura do solo.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido) e ao Produtor Audísio Regis.

Referências Bibliográficas

- Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC. (2022). Precipitação média por município. <https://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.*, 22(6), pp. 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Araújo, J. C. A., 1990. O anel-vermelho do dendê. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus.
- Araújo-Júnior; J. V., Araújo, R. G. V., Sabino, A. R., Silva Júnior, V. A., Dantas, P. C., Duarte, A. G., 2018. Associação de *Bursaphelenchus cocophilus* ao *Rhynchophorus palmarum* e *Metamasius hemipterus* em plantios de coqueiro no estado de Alagoas. *Rev. Ambientale*, 2, pp.39-47.
- Bakonyi, G., Nagy, P., Kovács-Láng, E., Kovács, E., Barabás, S., Répási, V., Seres, A., 2007. Soil nematode community structure as affected by temperature and moisture in a temperate semiarid shubland. *Appl. Soil Ecol.*, 37, 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.03.008>.
- Barbosa, B. F. F., Santos, J. M., Barbosa, J. C., Soares, M., Ruas, A. R., Carvalho, R. B., 2013. Aggressiveness of *Pratylenchus brachyurus* to the sugarcane, compared with key nematode *P. zae*. *Nematropica*, 43, pp. 119-130.
- Bongers, T., 1988. De nematoden van Nederland. (1st ed). Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.
- Bongers, T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83, pp. 14-19. <https://doi.org/10.1007/BF00324627>

- Bongers, T., 1999. The maturity index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and Soil*, 212, pp. 13-22.
<https://doi.org/10.1023/A:1004571900425>
- Bongers, T., Bongers, M., 1998. Functional diversity of nematodes. *Appl. Soil Ecol.*, 10(3), pp. 239-251. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00123-1)
- Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., 2011. *Numerical Ecology with R*. (1st ed.). Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7976-6>
- Bridge, J., 1976. Plant parasitic nematodes from the lowlands and highlands of Ecuador. *Nematropica*, 6, pp. 18-23.
- Bridge, J., Price, N. S., Kofi, P., 1995. Plant parasitic nematodes of plantain and other crops in Cameroon, West Africa. *Fundam. Appl. Nematol.*, 18, pp. 251-260.
- Bulgarelli, J., Chinchilla, C., Oehlschlager, C., 1998. The red ring/little leaf syndrome and *Metamasius hemipterus* captures in oil palm in Cost Rica. *ASD Oil Palm Papers*, 18, pp.17-24.
- Caveness, F.E., 1967. Shadehouse host ranges of some Nigerian nematodes. *Plant Dis. Rep.*, 51, pp. 33-37.
- Chinchilla, C. M., 1991. The red ring little leaf syndrome in oil palm and coconut palm. *ASD Oil Palm Papers*, 1, pp. 1-17.
- Chinnamma, M., Bhasker, S., Madhav, H., Devasia, R. M., Shashidharan, A., Pillai, B.C., Thevannoor, P., 2015. Production of coconut methyl ester (CME) and glycerol from coconut (*Cocos nucifera*) oil and the functional feasibility of CME as biofuel in diesel engine. *Fuel*, 4(9), pp. 4-9. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.09.057>
- Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, 2017. Resolução nº 115, de 23 nov. 2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017.
<http://antigo.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario-DOU.pdf>
- Costa, J. L. S., Oliveira, V. C., Viana, F. M. P., Leal, E. C., Warwick, D. R. N., 2002. Aprimoramento do conhecimento científico e desenvolvimento de tecnologias para controle das principais doenças do coqueiro. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú.
- Devi, G., George, J., 2018. Predatory nematodes as bio-control agent against plant-parasitic nematode – A review. *Agric. Rev.*, 39(1), pp. 55-61. <http://dx.doi.org/10.18805/ag.R-1715>.

- Dias-Arieira, C. R., Ceccato, F. J., Marinelli, E. Z., Vecchi, J. L. B., Arieira, G. O., Santana-Gomes, S. M., 2021. Correlations between nematode numbers, chemical and physical soil properties, and soybean yield under different cropping systems. *Rhizosphere*, 19, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100386>
- Diaz-Silveira, M. F., Herrera, J. O., 1998. An overview of nemato-logical problems in Cuba. *Nematropica*, 28, pp. 151-163.
- Donagema, G. K., 2011. Manual de métodos de análise do solo. (2nd ed.). Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- Evangelista, A. R. S., 2010. O processo de ocupação do bioma Caatinga e suas repercussões socioambientais na Sisalândia, Bahia. 199f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Ferris, H., Bongers, T., De Goede, R. G. M., 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Appl. Soil Ecol.*, 18(1), pp. 13-39. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(01\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00152-4)
- Ferris, H., Venette, R. C., Scow, K. M., 2004. Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization function. *Appl. Soil Ecol.*, 25(1), pp. 19-35. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2003.07.001>
- Fidalgo, E. C. C., 2007. Estoque de carbono nos solos do Brasil. (1st ed.). Embrapa Solos Rio de Janeiro.
- Fontes, H. R., Ferreira, J. M. S., 2006. A cultura do coqueiro. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Forghani, R., Hajihassani, A., 2020. Recent advances in the development of environmentally benign treatments to control root-knot nematodes. *Front. Plant Sci.*, 11, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01125>
- Franco, E., 1964. Estudo sobre o anel-vermelho do coqueiro. Inspetoria de Defesa Fitossanitária, Aracajú.
- Gaidashova, S. V., Van Asten, P. J. A., Dochez, C., Delvaux, B., De Waele, D., 2010. The influence of topographic position within highlands of Western Rwanda on the interactions between banana (*Musa* spp. AAA-EA), parasitic nematodes and soil factors. *Sci. Hortic.*, 125(3), 316-322. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.010>.

- Garagorry, F. L., 2021. Caatinga: concentração espacial e dinâmica de produtos agrícolas. Embrapa Territorial, Campinas.
- Giblin-Davis, R. M., 2001. Borers of palms. in: Howard, F. W., Moore, D., Giblin-Davis, R. M., Abad, R. G. (Eds.). Insects on palms. CABI Publishing, Wallingford, pp.267-304.
- Goodey, J. B., Franklin, M. T., Hooper, D. J., 1965. Goodey's: The nematode parasites of plants catalogued under their hosts. Commonwealth Agricultural Bureaux, England.
- Griffith, R., Giblin-Davis, R. M., Koshy, P. K., Sosamma, V. K., 2005. Nematode parasites of coconut and other palms. in: Luc, M., Sikora, R. A., Bridge, J. (eds.) Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Wallingford, CABI Publishing, pp.493-527.
- Griffith, R., Giblin-Davis, R. M., Koshy, P. K., Sosamma, V. K., Kanzaki, N., 2018. Nematode parasites of Coconut and other Palms. in: Sikora, R. A., Coyne, D., Hallmann, J., Timper, P. (Eds.), Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CABI, Wallingford, pp. 504-535.
- Griffith, R., Koshy, P. K., 1990. Nematode parasites of coconut and other palms. in: Luc, M., Sikora, R. A.; Bridge, J. (Eds.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CABI Publishing, Wallingford, pp.363-386.
- Guerrero, H., Toquica, S. M., Avilla, L. A. G., 1995. Anillo rojo – hoja en palma de aceite tecnologia disponible em Colombia. Palmas, 16, pp.211-218.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1), pp. 1-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2017. Levantamento sistemático da produção agrícola – Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano de 2017. IBGE, Rio de Janeiro, pp.1-81.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2019. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.
- Jenkins, W. R., 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Dis. Rep., 48(9), pp. 692.

Júnior, F. J. C. S., Assunção, M. C., 2021. Detection of *Pratylenchus zaeae* and *P. brachyurus* parasiting plants from the caatinga biome, Ceará, Brazil. *J. Nematol.*, 53, pp. 1-5.

<https://doi.org/10.21307/jofnem-2021-019>.

Khuong, N. B., 1983. Plant-parasitic nematodes of South Viet Nam. *J. Nematol.*, 15, pp. 319-260.

Mai, W. F., Mullin, P.G., Lyon, H. H., Loeffler, K., 1996. *Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera*. (5th ed.). Cornell University, Ithaca.

McKenry, M. V., Anwar, S. A., 2006. Nematode and grape rootstock interactions including an improver understanding of tolerance. *J. Nematol.*, 38, 312-318.

McSorley

Medeiros, R. M., Holanda, R. M., Viana, M. A., Silva, V. P., 2018. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco, Brazil. *Rev. Geogr.*, 35(3), pp. 219-234.

<https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229388>

Mekete, T., Dababat A., Sekora N., Akyazi F., Abebe, E., 2012. Identification key for agriculturally important plant-parasitic nematodes Prepared for the international nematode diagnosis and identification course 2012: A manual for nematology. CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center), México.

Nielsen, U. N., Ayres, E., Wall, D. H., Li, G., Bardgett, R. D., Wu, T., Garey, J. R., 2014. Global-scale patterns of assemblage structure soil nematodes in relation to climate and ecosystem properties. *Global Ecol. Biogeogr.*, 23(9), 968-978.

<https://doi.org/10.1111/geb.12177>

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Stevens, M. H. H., Wagner, H., 2022. Package 'vegan': Community Ecology Package (Version 2.6-4). <https://github.com/vegandevs/vegan>

Oliveira, A. P. C., Bernard, E., 2017. The financial needs vs. the realities of in situ conservation: an analysis of federal funding for protected areas in Brazil's Caatinga.

Biotropica, 49, pp. 745-752. <https://doi.org/10.1111/btp.12456>

Oliveira, C. M. G., Eulálio, J., Bessi, R., Harakava, R., 2011. Caracterizações morfológica e molecular de *Bursaphelenchus fungivorus* (Nematoda: Aphelenchida), detectado pela primeira vez no Brasil. *Nematol. Bras.*, 35, pp. 1-8.

- Overbeck, G. E., Vélez-Martin, E., Scarano, F. R., Lewinsohn, T. M., Fonseca, C. R., Meyer, S. T., Muller, S. C., Ceotto, P., Dadalt, L., Durigan, G., Ganade, G., Gossner, M. M., Guadagnin, D. L., Lorenzen, K., Jacobi, C. M., Weisser, W. W., Pillar, V. D., 2015. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 21, pp. 1455-1460. <https://doi.org/10.1111/ddi.12380>
- Perez-Marin, A. M., Santos, A. P. S., Ulloa, L. F., Moreira, J. M., Medeiros, A. M., Lima, R. C. S., Bezerra, H. A., Bezerra, B. G., Silva, L. L., 2013. O Semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande.
- Perry, R., 2002. Hatching. in: Lee, D. L. (Ed.) *The biology of nematodes*. Taylor and Francis, London, pp. 294-336.
- Pothula, S. K., Grewal, P. S., Auge, R. M., Saxton, A. M., Bernard, E. C., 2019. Agricultural intensification and urbanization negatively impact soil nematode richness and abundance: a meta-analysis. *J. Nematol.*, 51, pp. 1-17. <https://doi.org/10.21307%2Fjofnem-2019-011>.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>.
- Ritzinger, C. H. S. P., Fancelli, M., Ritzinger, R., 2010. Nematoides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. *Rev. Bras. Frutic.*, 32(4), pp. 1289-1296.
- Sá, C. S. B., Shiosaki, R. K., Santos, A. M., Campos, M. A. S., 2021. Salinization causes abrupt reduction in soil nematode abundance in the Caatinga área of the Submedio San Francisco Valley, Brazilian semiarid region. *Pedobiologia*, 85-86, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2021.150729>
- Sampaio, R. A., Ramos, S. J., Guilherme, D. O., Costa, C. A., Fernandes, L. A., 2008. Tomato seedlings production using substrates with coconut fiber and rock waste. *Hortic. Bras.*, 26(4), pp. 499-503. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000400015>
- Sánchez-Moreno, S., Ferris, H., 2007. Suppressive service of the soil food web: effects of environmental management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119(1-2), pp. 75-87. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.012>.
- Sánchez-Moreno, S., Ferris, H., 2018. Nematode ecology and soil health. in: Sikora, R. A., Coyne, D., Hallman, J., Timper, P. (Eds.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. CABI, Boston, pp. 62-86. <https://doi.org/10.1079/9781786391247.006>

- Schoemaker, R. L. P., 1967. *Hemicycliophora nyanzae* n. sp. found in East Africa with a key to the species of *Hemicycliophora* De Man, 1921. *Nematologica*, 13, pp. 541-546.
<https://doi.org/10.1163/187529267X00355>.
- Seddon, A. W. R., Macias-Fauria, M., Long, P. R., Benz, D., Willis, K. J., 2016. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature*, 531, pp. 229-232.
<https://doi.org/10.1038/nature16986>
- Sieriebriennikov, B., Ferris, H., De Goede, R. G. M., 2014. NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *Eur. J. Soil Biol.*, 61, pp. 90-93.
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.02.004>
- Siddiqi, M. R., 1972. On the genus *Helicotylenchus steiner*, 1945 (Nematoda: Tylenchida), with descriptions of nine new species. *Nematologica*, 18, pp. 74-91.
<https://doi.org/10.1163/187529272X00278>.
- Siddiqui, I. A., Sher, S. A., French, A. M., 1973. Distribution of plant parasitic nematodes in California. State of California Department of Food and Agriculture - Division of Plant Industry, California.
- Souza, C. M. JR.; Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., De Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., Weber, E. J., Lenti, F. E. B., Paternost, F. F., Pareyn, F. G. C., Siqueira, J. V., Viera, J. L., Neto, L. C. F., Saraiva, M. M., Sales, M. H., Salgado, M. P. G., Vasconcelos, R., Galano, S., Mesquita, V. V., Azevedo, T., 2020. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sens.*, 12(17), pp. 1-27. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Subbotin, S. A., Chitambar, J. J., Chizhov, V. N., Stanley, J. D., Inserra, R. N., Doucet, M. E., McClure, M., Ye, W., Yeates, G. W., Mollov, D. S., Cantalapiedra-Navarrete, C., Vovlas, N., Van Den Berg, E., Castillo, P., 2014. Molecular phylogeny, diagnostics, and diversity of plant-parasitic nematodes of the genus *Hemicycliophora* (Nematoda: Hemicycliophoridae). *Zool. J. Linn. Soc.*, 171, pp. 475-506.
- Tarjan, A. C., Esser, R. P., Chang, S. L., 1977. An illustrated key to nematodes found in fresh water. *Res. J. Water Pollut. Control Fed.*, 49(11), pp. 2318-2337.
<http://www.jstor.org/stable/25039452>

- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., Teixeira, W. G., 2017. Manual de métodos de análise de solo. (3rd ed.). Embrapa Solos, Brasília.
- van den Berg, E., Tiedt, L. R., Liébanas, G., Chitambar, J. J., Stanley, J. D., Inserra, R. N., Castilo, P., Subbotin, S. A., 2018. Morphological and molecular characterisation of two new *Hemicycliophora* species (Tylenchida: Hemicycliophoridae) with a revision of the taxonomic status of some known species and a phylogeny of the genus. *Nemalogy*, 20(4), pp. 319-354. <https://doi.org/10.1163/15685411-00003143>.
- Warner, F., 2009. Soil fertility, pH, texture and nematodes. *Diagnostic Services*, 13, pp. 1-21.
- Wei, T., Simko, V., 2021. R package ‘corrplot’: Visualization of Correlation Matrix (Version 0.92). <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Warwick 2005
- Wickhan, H., 2016. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer, Nova Iorque.
- Wickhan, H., Chang, W., Henry, L., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., Dunnington, D., 2021. R package ‘ggplot2’ (Version 3.3.5).
- Widmer, T. L., Mitkowski, N. A., Abawi, G. S., 2002. Soil organic matter and management of plant-parasitic nematodes. *J. Nematol.*, 34(4), pp. 289-295.
- Wuertz, D., Setz, T., Chalabi, Y., 2022. *_fBasics: Rmetrics – Markets and Basic Statistics_*. R package version 4021.93. <https://CRAN.R-project.org/package=fBasics>
- Yan, D., Song, X., Yu, Z., Peng, D., Ting, X., Weng, B., 2018. Community structure of soil nematodes under different drought conditions. *Geoderma*, 325, pp. 110-116.
- Yeates, G. W.; Bongers, T., De Goede, R. G. M., Freckman, D. W., Georgieva, S. S., 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera — an outline for soil ecologists. *J. Nematol.*, 25(3), pp. 315-331.
- Yeomans, J. C., Bremner, J. M., 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 19, pp. 1467-1476. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>

Capítulo III

Relações da nematofauna com os atributos físicos e químicos do solo na Mata Atlântica e Caatinga de Pernambuco

*Artigo a ser submetido na revista: Soil Use and Management

Relações da nematofauna com os atributos físicos e químicos do solo na Mata Atlântica e Caatinga de Pernambuco

Mariana Ferreira de Lima David¹, Lilian Margarete Paes Guimarães¹, Ivis Andrei Campos e Silva², José Ailton Cruz Macêdo dos Santos¹, Aline Fernandes Melo¹, José Mauro da Cunha e Castro³; Elvira Maria Régis Pedrosa², Joaquim Francisco da Silva²

¹ Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

² Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

³ Laboratório de Fitopatologia/Nematologia, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brasil

RESUMO

No Estado de Pernambuco, podem ser encontrados dois biomas, sendo eles, Mata Atlântica e Caatinga. Esses biomas são importantes por serem centros de biodiversidade, no entanto, estão ameaçados de destruição e com isso, surgem alterações importantes na cadeia alimentar do solo. Assim, o presente estudo teve como objetivos caracterizar a nematofauna, os atributos físicos e químicos do solo e verificar as relações destes atributos com as comunidades de nematoides presentes em fragmentos dos biomas Mata Atlântica e Caatinga em Pernambuco. Foram identificados 36 *taxa*, entre eles 34 gêneros e duas famílias. Em ambos os biomas foram encontrados 22 *taxa*, sendo 20 gêneros e duas famílias. Na Mata Atlântica e na Caatinga, foram verificadas dominâncias de 69,92% e 59,74%, respectivamente dos nematoides de vida livre sobre os parasitos de plantas. Estes resultados indicam que diferentes e importantes nematoides fitoparasitos, que causam prejuízos econômicos, são encontrados naturalmente na Mata Atlântica e na Caatinga. A análise NMDS evidenciou, de acordo com a nematofauna, que os biomas Caatinga e Mata Atlântica formam grupos distintos com dissimilaridade média geral de 73,11%. Os gêneros *Panagrolaimus* e *Acrobeles* foram os maiores responsáveis pelas diferenças na composição da comunidade de nematoides. A análise da cadeia alimentar evidenciou que o solo encontra-se estruturado em ambos os biomas. A RDA verificou que as propriedades físico-químicas do solo explicam 22,18% da variação total das guildas funcionais na Mata Atlântica e na Caatinga.

Palavras-chave: biomas, comunidade de nematoides, fitonematoides, qualidade do solo.

ABSTRACT

In the State of Pernambuco, two biomes can be found, namely the Atlantic Forest and the Caatinga. These biomes are important because they are centers of biodiversity, however, they are threatened with destruction and with that, important changes arise in the soil food chain. Thus, the present study aimed to characterize the nematofauna, the physical and chemical attributes of the soil and to verify the relationships of these attributes with the nematode communities present in fragments of the Atlantic Forest and Caatinga biomes in Pernambuco. Thirty-six taxa were identified, including 34 genera and two families. In both biomes, 22 taxa were found, with 20 genera and two families. In the Atlantic Forest and Caatinga, dominances of 69.92% and 59.74%, respectively, of free-living nematodes over plant parasites were verified. These results indicate that different and important phytoparasitic nematodes, which cause economic losses, are found naturally in the Atlantic Forest and Caatinga. The NMDS analysis showed, according to the nematofauna, that the Caatinga and Atlantic Forest biomes form distinct groups with a general mean dissimilarity of 73.11%. The genera *Panagrolaimus* and *Acrobeles* were most responsible for the differences in the composition of the nematode community. The analysis of the food chain showed that the soil is structured in both biomes. The RDA verified that the physical-chemical properties of the soil explain 22.18% of the total variation of functional guilds in the Atlantic Forest and Caatinga.

Keywords: biomes, nematode assemblages, plant-parasitic nematodes, soil quality.

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil possui quatro biomas sendo eles, Cerrado, Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Caatinga, sendo que este cobre a maior parte da região. No Estado de Pernambuco, ocorrem os biomas Mata Atlântica e Caatinga, sendo, aproximadamente, 17% da área do estado ocupados pela Mata Atlântica e 83% pela Caatinga (Instituto brasileiro de geografia e estatística - IBGE, 2004; IBGE, 2019).

O bioma Mata Atlântica pode ser encontrado em parte dos municípios litorâneos e na Zona da Mata pernambucana (Lima, 2007). Algumas características geográficas da Mata Atlântica favorecem a alta biodiversidade e ocorrência de espécies importantes, no entanto, com a ampla devastação que ocorre desde o período colonial com implantação de canaviais e introdução de casas, este bioma é considerado um *hotspot* mundial para conservação da biodiversidade (Myers et al., 2000; Ribeiro et al., 2009).

A Caatinga encontra-se na região semiárida e é reconhecida como bioma exclusivamente brasileiro e ocorre quase que apenas na região Nordeste (IBGE 2017; IBGE

2019). O Semiárido brasileiro possui características distintas quanto à topografia, solo e regime de chuvas, que lhe conferem ampla diversidade, com inúmeras riquezas biológicas quando comparadas com outras regiões semiáridas do mundo (Perez-Marin et al., 2013). A Caatinga é um dos biomas mais ameaçados do Brasil, pois grande parte dele já foi bastante modificado para utilização do espaço e ocupação humana de forma desordenada. Atualmente, é o terceiro ecossistema mais ameaçado, menos estudado e compreendido no território brasileiro (Overbeck et al., 2015; Seddon et al., 2016; Oliveira & Bernard, 2017).

Ao destruir um ecossistema natural e ao intensificar as operações agrícolas, surgem consequências que implicam em alterações importantes nas cadeias alimentares do solo. Os nematoides conseguem ser bastante responsivos aos distúrbios físicos e químicos do solo e às pressões resultantes das intervenções humanas (Höss et al., 2011; Schratzberger & Ingels, 2018; Biswal, 2022). Assim, o presente estudo teve como objetivos caracterizar a nematofauna, os atributos físicos e químicos do solo e verificar as relações existentes com as comunidades de nematoides presentes em fragmentos dos biomas Mata Atlântica e Caatinga em Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de estudo

O fragmento do bioma Mata Atlântica localiza-se em área de reserva da propriedade Sítio dos Ipês, localizado no município de Igarassu, Região Metropolitana do Recife-PE (coordenadas 7°55'4''S; 34°59'30'' O) (Figura 1). O local possui classificação climática 'As', de acordo com Köppen-Geiger, tendo como características, clima tropical quente úmido com chuvas no outono-inverno (Pell et al., 2007; Alvares et al., 2013). A precipitação anual média é de 1975 mm (Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC, 2022).

Os fragmentos do bioma Caatinga encontram-se no município de Petrolina, no Semiárido pernambucano (9°2'9''S; 40°18'39''O) (Figura 1). O local possui classificação climática 'BSh', de acordo com Köppen-Geiger (Pell et al., 2007; Alvares et al., 2013). As principais características são escassez e irregularidade de precipitações, chuva no verão e forte evaporação, tendo, como consequência, altas temperaturas (Medeiros et al., 2018). A precipitação média anual é de 428 mm e a temperatura média anual é de 32,5 °C (APAC, 2022).

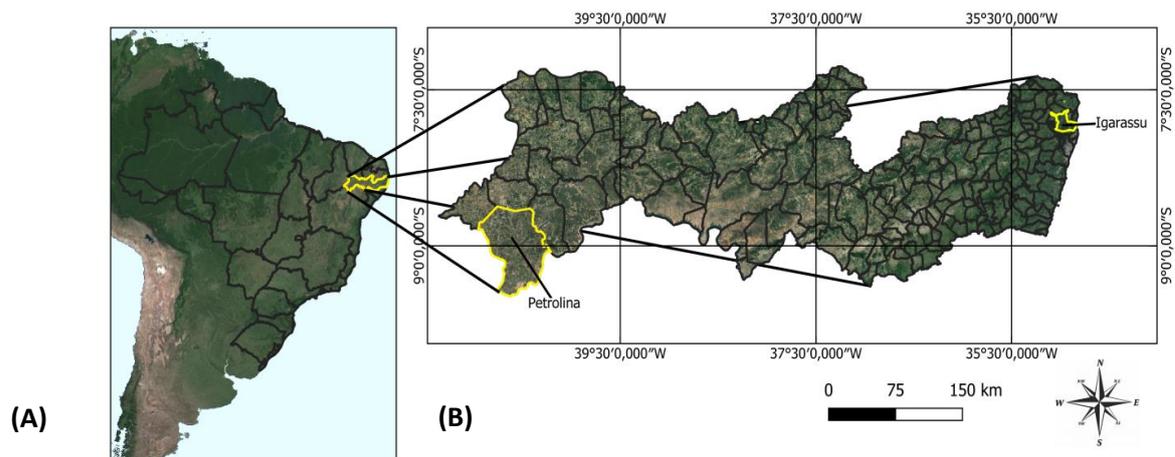


Figura 1. Locais de estudo da nematofauna e dos atributos físicos e químicos do solo. (1A) Representação geográfica delimitando o Estado de Pernambuco; (1B) Representação geográfica do Estado de Pernambuco delimitando as cidades de Igarassu e Petrolina.

2.2 Amostragem de solo

As amostras de solo foram coletadas entre os meses de janeiro e setembro de 2022 em ambos os biomas. As amostras foram coletadas inteiramente ao acaso com o auxílio de enxadeco e cavador, sendo espaçadas 10 m de cada ponto. Em cada área (Mata Atlântica e Caatinga), foram coletadas 40 amostras de solo. Aproximadamente 1000 g de solo foram retirados de cada ponto na profundidade de 0-15 cm. O solo foi armazenado em sacos plásticos, identificados, vedados, e, em seguida, encaminhados ao Laboratório de Fitonematologia pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Para as análises físicas e químicas do solo, frações de cada amostra de solo foram postas em bancadas para secar ao ar. Em seguida, as amostras de solo foram destorroadas e peneiradas (0,84 mm/20 mesh) para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Para as análises da nematofauna, as amostras foram mantidas em ambiente refrigerado a 4-6 °C até a extração dos nematoides do solo.

2.3 Análises físicas do solo

As análises físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE conforme metodologias propostas por Teixeira et al. (2017). Foram determinadas umidade gravimétrica do solo (U_s), textura do solo, densidade do solo (D_s), densidade de partículas (D_p) e porosidade total (P_t). Esta que foi calculada pela relação da D_s e D_p $\{P_t = [1 -$

(Ds/Dp)] x 100}. A temperatura foi aferida e registrada no momento da coleta das amostras de solo em cada ponto de coleta.

2.4 Análises químicas do solo

As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Água e Solo pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE conforme metodologias propostas por Teixeira et al. (2017). O potencial hidrogeniônico (pH) do solo foi obtido na proporção 1:2,5 v/v com o eletrodo. A condutividade elétrica (CE) foi obtida após leitura em condutivímetro do extrato de saturação do solo. O carbono orgânico (CO) foi obtido pela oxidação da matéria orgânica por dicromato de potássio em ácido sulfúrico e seguinte titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal (Yeomans & Bremner, 1988). A porcentagem de matéria orgânica (MO) foi obtida por meio da fórmula: $COT \times 1,724$ (Donagema, 2011). A estimativa do estoque de carbono (C_t) foi dada pela equação: $C_t = (C \times Ds \times E)/100$, onde C = conteúdo de carbono orgânico; Ds = densidade do solo e E = espessura do horizonte (Fidalgo, 2007).

2.5 Extração de nematoides

As amostras de solo foram homogeneizadas e processadas com o auxílio de duas peneiras de 60 e 325 mesh para extração dos nematoides, a partir de 300 cm³ de solo, conforme método da flotação centrífuga em solução de sacarose (Jenkins, 1964). As suspensões obtidas foram mantidas em ambiente refrigerado sob temperatura de 4-6 °C para quantificação e identificação. A estimativa populacional foi obtida pela quantificação dos nematoides em lâminas de Peters em que 1 ml da suspensão foi observado sob microscopia óptica em uma objetiva de aumento de 20x, em duas repetições. Para identificação dos nematoides em ou família, foram utilizadas objetivas de 40 e 100x, no microscópio óptico.

2.6 Estrutura, composição da comunidade de nematoides e índices ecológicos

A classificação dos nematoides foi realizada de acordo com os hábitos alimentares e separada em cinco grupos tróficos: bacteriófagos, micófagos, predadores, onívoros e parasitos de plantas, com base nas características morfológicas do estoma e esôfago (Yeates et al., 1993). Os nematoides parasitos de plantas foram identificados em gênero (Mai et al., 1996; Mekete et al., 2012) e os nematoides de vida livre foram identificados em gênero e família de acordo com a chave de identificação de Tarjan et al. (1977). Em seguida, foram classificados em guildas funcionais, que combinam os hábitos alimentares e os grupos colonizadores-persistentes (c-p) que variam de 1 a 5 (Bongers, 1990; Bongers & Bongers, 1998).

Foram calculadas abundância, média, desvio padrão e dominância dos *taxa* ocorrentes em 300 cm³ de solo, além do número de gêneros e estrutura trófica: bacteriófagos (BACT), micófagos (MIC), predadores (PRED), onívoros (ONI) e parasitos de plantas (PP). Os índices de maturidade (IM) (Bongers, 1990), basal (IB), de enriquecimento (IS), de estrutura (IE) e de canal (IC) (Ferris et al., 2001) foram calculados por meio do NINJA (*Nematode INdicator Joint Analysis*) (Sieriebriennikov et al., 2014). A razão MIC/BACT foi calculada para observar qual via de decomposição da matéria orgânica é presente (Freckman & Ettema, 1993).

2.7 Análise estatística

Os dados da nematofauna e propriedades físicas e químicas do solo foram submetidos à estatística descritiva (valores máximos e mínimos, média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria). Em seguida, foi realizado o teste Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos dados. Os dados não normais foram transformados em $\log_{10}(x+1)$.

As diferenças na composição taxonômica da comunidade de nematoides do solo entre os biomas foram determinadas por meio das análises de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) e de similaridade (ANOSIM) com base na medida de distância Dice-Sorensen. Para apoiar a ANOSIM, foi realizada a análise da porcentagem de similaridade (SIMPER) com base na medida de similaridade Bray-Curtis, indicando quais *taxa* de nematoides explicam as diferenças entre os grupos (Hammer et al., 2001).

Foi realizada a correlação de Pearson entre as comunidades de nematoides e as propriedades físicas e químicas do solo ($P < 0,05$). A correlação foi representada por correlogramas por meio de uma escala de cores gerada com base na matriz de correlação. Caracterizam-se como fortes correlações positivas valores acima de 0,7 e, fortes correlações negativas, valores acima de -0,7. Os valores abaixo de 0,6 indicam fracas correlações positivas e acima de -0,6 fracas correlações negativas. A escala de cores variou de marrom escuro (-1) até azul escuro (1).

Para verificar as relações entre as comunidades de nematoides e as propriedades físicas e químicas do solo, foi utilizada a análise de redundância (RDA). A análise de redundância é uma das técnicas utilizadas na análise multivariada que, por meio das análises de componentes principais e de regressão múltipla estuda as relações entre matriz de dados X (variáveis explicativas) e matriz de dados Y (variáveis resposta), em que mostra que os atributos do solo explicam grande parte das variações das comunidades de nematoides (Borcard et al., 2011). Para avaliar a RDA, foi utilizado o teste de permutação com 999

permutações ($\alpha=0,05$). Para selecionar as propriedades do solo que tiveram maior influência, após RDA, foi efetuada a seleção por forward.

Todas as análises foram realizadas com suporte do software R versão 4.2.2 (R Core Team, 2022) utilizando os pacotes fBasics versão 4021.93 (Wuertz et al., 2022), Corrplot versão 0.92 (Wei & Simko, 2021), Ggplot2 versão 3.3.5 (Wickhan, 2016; Wickhan et al., 2021) e Vegan versão 2.6-4 (Oksanen et al., 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas e químicas do solo

Na Mata Atlântica, o solo apresentou propriedades físicas com valores médios de 22,82% de umidade, 23,81 °C de temperatura, 2,61 g.cm⁻³ de Dp, 1,2 g.cm⁻³ de Ds, 1,18 cm³.cm⁻³ de porosidade, 759,34 g.kg⁻¹ de areia, 116 g.kg⁻¹ de argila e 124,65 g.kg⁻¹ de silte. As propriedades químicas do solo apresentaram valores médios iguais a 4,46 de pH, 0,27 dS.m⁻¹ de C.E., 32,19 g.kg⁻¹ de M.O. e 3,34 kg.m⁻² de Ct (Tabela 2).

Nos fragmentos de Caatinga, o solo apresentou propriedades físicas com valores médios de 9,19 % de umidade, 27,87 °C de temperatura, 2,5 g.cm⁻³ de Dp, 1,41 g.cm⁻³ de Ds, 0,43 cm³.cm⁻³ de porosidade, 796,48 g.kg⁻¹ de areia, 121 g.kg⁻¹ de argila e 82,52 g.kg⁻¹ de silte. As propriedades químicas do solo apresentaram valores médios iguais a 5,3 de pH, 0,88 dS.m⁻¹ de C.E., 8,57 g.kg⁻¹ de M.O. e 1,04 kg.m⁻² de Ct (Tabela 2).

Tabela 2. Estatística descritiva das propriedades físicas e químicas do solo dos fragmentos dos biomas Mata Atlântica e Caatinga em Pernambuco.

	Bioma Mata Atlântica									Bioma Caatinga								
	Mín.	Máx.	Méd.	Var.	DP	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS	Mín.	Máx.	Méd.	Var.	DP	CV (%)	Coef. Curt.	Coef. Assim.	KS
Propriedades do solo																		
Umidade (%)	10,87	34,26	22,82	31,64	5,62	24,65	-0,55	0,10	0,06	0,49	29,79	9,19	27,56	50,25	57,13	4,95	1,34	0,16
Temperatura (°C)	23,2	25,1	23,84	0,15	0,39	1,63	1,27	1	0,21	25,55	32,5	27,87	2,79	1,67	5,99	0,59	1,11	0,15
Dp (g.cm ⁻³)	2,44	4,88	2,61	0,14	0,37	14,65	30,88	5,57	0,41	2,29	2,7	2,5	0,01	0,11	4,4	-0,12	0,45	0,16
Ds (g.cm ⁻³)	1,05	1,41	1,2	0,01	0,08	6,34	-0,06	0,26	0,09	1,23	1,62	1,41	0,01	0,1	6,48	-0,61	0,32	0,07
Porosidade (cm ³ .cm ⁻³)	0,87	2,84	1,18	0,09	0,3	25,83	5,97	19,17	3,99	0,31	0,49	0,43	0,01	0,04	10,19	-0,4	-0,62	0,12
Areia (g/kg)	505,8	906,6	759,34	9.853,86	99,27	13,07	0,28	0,28	0,93	666	936,8	796,48	4.112,45	64,13	8,05	-0,47	-0,42	0,22
Argila (g/kg)	60	320	116	4.291,28	65,51	56,47	2,34	1,79	0,27	60	220	121	1.337,43	36,57	30,22	-0,2	0,51	0,16
Silte (g/kg)	27,6	212,6	124,65	2.088,17	45,69	36,65	-0,53	-0,14	0,06	3,2	175,8	82,52	1.719,88	41,47	50,25	-0,65	0,4	0,08
pH	3,89	5,06	4,46	0,07	0,27	5,97	-0,43	0,25	0,1	4,26	7,41	5,3	0,41	0,64	12,09	1,01	0,86	0,09
C.E. (dS.m ⁻¹)	0,17	0,39	0,27	0	0,06	22,18	-0,94	0,05	0,09	0,23	7,47	0,88	0,59	0,76	87,39	10,03	2,96	0,26
M.O. (g/kg)	17,64	47,55	32,19	59,84	7,74	24,03	-0,8	0,11	0,08	0,22	25,15	8,57	32,32	5,68	66,31	0,02	0,61	0,08
C _t (kg.m ⁻²)	1,94	4,89	3,34	0,52	0,72	21,53	0,37	0,25	0,13	0,02	2,7	1,04	0,44	0,67	64,11	-0,6	0,43	0,09
Class. textural	Areia Franca									Areia Franca								

Mín., Máx. e Méd.: valores mínimo, máximo e médio; Var.: variância; DP: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; Coef. Curt.: coeficiente de curtose; Coef. Assim.: coeficiente de assimetria; KS: valor no teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; C.E.: condutividade elétrica do solo; M.O.: matéria orgânica do solo; C_t: estoque de carbono; Class. textural: classificação textural do solo.

3.2 Estrutura e composição das comunidades de nematoides

Os grupos tróficos, na Mata Atlântica, apresentaram valores médios de nematoides em 300 cm³ de solo: 390,75 BACT, 31,77 MIC, 15,35 PRED, 67,8 ONI e 217,57 PP. Distribuídos entre as guildas funcionais, Ba₁ (359,7 nematoides), Ba₂ (6,7 nematoides), Ba₃ (24,32 nematoides), Mi₂ (31,76 nematoides), Pr₂ (1,25 nematoides), Pr₃ (2,38 nematoides), Pr₄ (11,73 nematoides), On₄ (67,8 nematoides), H₃ (215,1 nematoides), H₄ (1,88 nematoides) e H₅ (0,6 nematoides) (Tabela 3).

Na Caatinga, os grupos tróficos apresentaram valores médios de nematoides em 300 cm³ de solo: 177,14 BACT, 19,37 MIC, 20,73 PRED, 49 ONI, 179,44 PP. Distribuídos nas guildas funcionais, Ba₁ (78,01 nematoides), Ba₂ (90,07 nematoides), Ba₃ (9,05 nematoides), Mi₂ (19,37 nematoides), Pr₂ (1,69 nematoides), Pr₃ (5,25 nematoides), Pr₄ (13,8 nematoides), On₄ (49 nematoides), H₂ (1,8 nematoides), H₃ (171,59 nematoides), H₄ (3,05 nematoides) e H₅ (3 nematoides) (Tabela 4).

Tabela 3. Estatística descritiva dos grupos tróficos e guildas funcionais dos nematoides do solo nos fragmentos dos biomas Mata Atlântica e Caatinga em Pernambuco.

	Bioma Mata Atlântica									Bioma Caatinga								
	Mín	Máx	Méd	Var	DP	CV (%)	Coef. Curtose	Coef. Assim.	KS	Mín.	Máx.	Méd.	Var.	DP.	CV (%)	Coef. Curtose	Coef. Assim.	KS
Grupos Tróficos																		
BACT	81	1768	390,75	132788	364,4	93,26	5,27	2,29	0,23	0	1050	177,14	35929	189,55	107,01	9,55	2,70	0,19
MIC	0	168	31,77	1855,3	43,07	135,6	1,96	1,6	0,23	0	144	19,37	1354,6	36,80	186,96	3,40	2,06	0,37
PRED	0	81	15,35	408,8	20,22	131,72	0,94	1,2	0,33	0	160	20,73	16667,5	40,83	196,91	4,52	2,32	0,34
ONI	0	250	67,8	4677,6	68,39	100,87	0,47	1,17	0,18	0	200	49	2533,2	50,33	102,72	1,06	1,30	0,2
PP	0	924	217,57	48816,8	220,94	101,55	1,65	1,46	0,18	0	1242	176,44	76278	276,19	153,92	5,44	2,37	0,25
Guildas Funcionais																		
Ba₁	60	1716	359,7	131523	362,66	100,82	5,44	2,36	0,18	0	390	78,01	8346	91,35	117,1	2,90	1,78	0,2
Ba₂	0	52	6,7	157,14	12,53	187,01	2,2	1,68	0,25	0	800	90,07	25116	158,48	175,95	9,53	2,99	0,28
Ba₃	0	110	24,32	769,86	27,75	114,09	1,49	1,25	0,45	0	132	9,05	550,82	23,47	259,34	17,11	3,9	0,42
Mi₂	0	168	31,76	1855	43,07	135,59	1,96	1,6	0,24	0	144	19,37	1354	36,8	189,98	3,40	2,06	0,37
Pr₂	0	26	1,25	30,5	5,52	441,76	14,28	3,99	0,23	0	25	1,69	36,34	6,03	356,8	8,86	3,27	0,53
Pr₃	0	44	2,38	77,21	8,79	369,98	12	3,55	0,54	0	80	5,25	271,41	16,47	313,71	11,5	3,46	0,5
Pr₄	0	81	11,73	361,12	19	162,07	2,73	1,7	0,53	0	160	13,8	1446	38,03	275,58	7,84	2,98	0,47
On₄	0	250	67,8	4677	68,39	100,87	0,47	1,17	0,18	0	250	58,4	3649	60,41	103,44	1,06	1,30	0,19
H₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	1,8	73,79	8,55	475	24,31	4,97	0,53
H₃	0	924	215,1	49034	221,44	102,95	1,68	1,47	0,18	0	1224	171,59	73342	270,82	157,83	5,86	2,43	0,26
H₄	0	27	1,88	44,83	6,69	356,8	8,22	3,15	0,53	0	75	3,05	163,12	12,77	418,69	23,84	4,84	0,52
H₅	0	24	0,6	14,4	3,79	632,33	33,15	5,86	0,53	0	80	3	175,59	13,25	441,67	27,14	5,19	0,51

Mín., Máx. e Méd.: valores mínimo, máximo e médio; Var.: variância; DP.: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; Coef. Curt.: coeficiente de curtose; Coef. Assim.: coeficiente de assimetria; KS: valor no teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; BACT: bacteriófagos; MIC: micófagos; PRED: predadores; ONI: onívoros; PP: parasitos de plantas.; Ba₁: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 1; Ba₂: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 2; Ba₃: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 3; Mi₂: guilda funcional para micófagos com c-p 2; Pr₂: guilda funcional para predadores com c-p 2; Pr₃: guilda funcional para predadores com c-p 3; Pr₄: guilda funcional para predadores com c-p 4; On₄: guilda funcional para onívoros com c-p 4; H₂: guilda funcional para parasitos de plantas com c-p 2; H₃: guilda funcional para parasitos de plantas com c-p 3; H₄: guilda funcional para parasitos de plantas com c-p 4; H₅: guilda funcional para parasitos de plantas com c-p 5.

Foram identificados 36 *taxa*, entre eles 34 gêneros e duas famílias. No bioma Mata Atlântica, foram encontrados 28 *taxa*, identificados em 26 gêneros e duas famílias e, no bioma Caatinga, foram encontrados 30 *taxa*, distribuídos em 28 gêneros e duas famílias. Em ambos os biomas, foram encontrados 22 *taxa*, sendo 20 gêneros e duas famílias (Tabela 4).

Na Mata Atlântica, os nematoides de vida livre (69,92%) foram dominantes quando comparados com os parasitos de plantas (Tabela 4). Este resultado corrobora com os estudos de Kimenju et al. (2009), Cardoso et al. (2012) e Cardoso et al. (2016), em que os nematoides de vida livre foram dominantes em áreas de floresta. O alto conteúdo de matéria orgânica no solo pode ser responsável pela alta quantidade dos nematoides de vida livre em solos de floresta (Papatheodorou et al., 2004).

Dentre os nematoides de vida livre, na Mata Atlântica, os bacteriófagos apresentaram maior dominância (54,03%), seguidos pelos onívoros (9,37%), micófagos (4,39%) e predadores (2,12%) (Tabela 4). Alguns nematoides foram restritos a Mata Atlântica incluindo, *Rhabditis* (bacteriófago), *Cephalobus* (bacteriófago), *Prodorylaimus* (onívoro), *Laimydorus* (onívoro), *Discocriconemella* (parasito de plantas), *Hemicycliophora* (parasito de plantas), *Caloosia* (parasito de plantas) e *Meloidogyne* (parasito de plantas). Os nematoides parasitos de plantas apresentaram dominância de 30,08%, sendo os gêneros *Helicotylenchus* e *Hemicycliophora* os maiores representantes com 12,32% e 12,26%, respectivamente (Tabela 4). Estes resultados corroboram com os achados de Cardoso et al. (2015), Franco-Navarro e Godinez-Vidal (2017) e Varela-Benavides et al. (2022), em que os nematoides espiralados (*Helicotylenchus* spp.) foram os mais abundantes em áreas de floresta.

Na Caatinga, os nematoides de vida livre (59,74%) foram dominantes quando comparados com os parasitos de plantas. Dentre os nematoides de vida livre, os bacteriófagos apresentaram maior dominância (39,79%), seguidos pelo onívoros (10,99%), predadores (4,65%) e micófagos (4,35%) (Tabela 4). Estes resultados corroboram com aqueles obtidos por Sá et al. (2021), em que os nematoides bacteriófagos foram os mais abundantes na Caatinga, em relação aos outros grupos tróficos.

Alguns nematoides foram restritos ao ambiente da Caatinga, *Dorylaimus* (onívoro), *Dorylaimoides* (onívoro), *Rotylenchus* (parasito de plantas), *Tylenchorhynchus* (parasito de plantas), *Tylenchus* (parasitos de plantas) e *Paratrichodorus* (parasitos de plantas). Os nematoides parasitos de plantas apresentaram dominância de 40,26%, sendo o gênero *Helicotylenchus* o maior representante com 29,18% de dominância (Tabela 4). Isso corrobora o estudo de Sá et al. (2021), em que os autores observaram que os nematoides do gênero *Helicotylenchus* foram os mais abundantes na Caatinga. A segunda maior dominância de

nematoides parasitos de plantas, os nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.), estes nematoides já foram relatados parasitando plantas da Caatinga no Estado do Ceará (Junior & Assunção, 2021).

Tabela 4. Abundância, média, desvio padrão e dominância dos taxa de nematoides em fragmentos dos biomas Mata Atlântica e da Caatinga em Pernambuco.

Grupo trófico	GF	Bioma Mata Atlântica			Bioma Caatinga		
		A	M±DP	D(%)	A	M±DP	D(%)
Vida Livre		20227	505,68±496,09	69,92	10650	266,25±317,52	59,74
Bacteriófago		15630	390,75±364,4	54,03	7085,5	177,14±189,55	39,74
Rhabditidae ●	Ba ₁	6267	156,68±100,49	21,66	2781	69,53±91,85	15,6
<i>Rhabditis</i>	Ba ₁	1174	29,35±95,68	4,06	0	0±0	0
<i>Wilsonema</i> ●	Ba ₂	20	0,5±3,16	0,07	102	2,55±6,95	0,57
<i>Acrobelles</i> ●	Ba ₂	196	4,9±9,95	0,68	3501	87,53±156,97	19,64
<i>Cephalobus</i>	Ba ₂	52	1,3±8,22	0,18	0	0±0	0
<i>Diplogaster</i> ●	Ba ₁	1070	26,75±47,24	3,7	232	5,8±11,71	1,3
<i>Panagrolaimus</i> ●	Ba ₁	5878	146,95±254	20,32	107,5	2,69±14,11	0,6
<i>Prismatolaimus</i> ●	Ba ₃	973	24,33±27,75	3,36	362	9,05±23,47	2,03
Micófagos		1271	31,77±43,07	4,39	775	19,38±36,8	4,35
<i>Aphelenchus</i> ●	Mi ₂	118	2,95±7,94	0,41	130,5	3,26±13,64	0,73
<i>Aphelenchoides</i> ●	Mi ₂	187	4,68±15,47	0,65	609	15,24±34,79	3,42
<i>Nothotylenchus</i> ●	Mi ₂	966	24,15±39,99	3,34	35	0,88±5,53	0,2
Predadores		614	15,35±20,22	2,12	829,5	20,74±40,84	4,65
Mononchidae ●	Pr ₄	469	11,73±19	1,62	552	13,8±38,03	3,1
<i>Tripyla</i> ●	Pr ₃	95	2,38±8,79	0,33	210	5,25±16,47	1,18
<i>Seinura</i> ●	Pr ₂	50	1,25±5,52	0,17	67,5	1,69±6,03	0,38
Onívoros		2712	67,8±68,39	9,37	1960	49±50,33	10,99
<i>Dorylaimus</i>	On ₄	0	0±0	0	154	3,85±15,35	0,86
<i>Eudorylaimus</i> ●	On ₄	285	7,13±16,85	0,99	885,5	22,14±35,22	4,97
<i>Prodorylaimus</i>	On ₄	166	4,15±11,49	0,57	0	0±0	0
<i>Mesodorylaimus</i> ●	On ₄	885	22,13±35,69	3,06	238	5,95±16,74	1,34
<i>Dorylaimoides</i>	On ₄	0	0±0	0	25	0,63±3,95	0,14
<i>Laimydorus</i>	On ₄	267	6,68±16,11	0,92	0	0±0	0
<i>Labronema</i> ●	On ₄	772	19,30±34,7	2,67	254,5	6,36±14,35	1,43
<i>Thornia</i> ●	On ₄	337	8,43±23,77	1,16	403	10,08±19,73	2,26
Parasitos de planta		8703	217,58±220,95	30,08	7177,5	179,44±276,19	40,26
<i>Xiphinema</i> ●	H ₅	24	0,6±3,79	0,08	120	3±13,25	0,67
<i>Helicotylenchus</i> ●	H ₃	3565	89,13±140,44	12,32	5201,5	130,04±250,36	29,18
<i>Pratylenchus</i> ●	H ₃	606	15,15±27,09	2,09	914,5	22,86±50,79	5,13
<i>Hoplolaimus</i> ●	H ₃	132	3,3±14,57	0,46	137,5	3,44±14,01	0,77
<i>Criconemoides</i> ●	H ₃	393	9,83±35,52	1,36	57	1,43±6,81	0,32
<i>Discocriconemella</i>	H ₃	125	3,13±16,2	0,43	0	0±0	0
<i>Hemicycliophora</i>	H ₃	3547	88,68±152,48	12,26	0	0±0	0
<i>Rotylenchus</i>	H ₃	0	0±0	0	40	1±6,32	0,22

<i>Tylenchorhynchus</i>	H ₃	0	0±0	0	513	12,83±25,49	2,88
<i>Caloosia</i>	H ₃	71	1,78±6,34	0,25	0	0±0	0
<i>Meloidogyne</i>	H ₃	165	4,13±14,77	0,57	0	0±0	0
<i>Tylenchus</i>	H ₂	0	0±0	0	72	1,8±8,56	0,4
<i>Trichodorus</i> ●	H ₄	75	1,88±6,7	0,26	47	1,18±5,2	0,26
<i>Paratrichodorus</i>	H ₄	0	0±0	0	75	1,88±8,75	0,42

GF: guildas funcionais, A (abundância): somatório do número de nematoides em 40 amostras de solo dos diferentes fragmentos de biomas (300 cm³ de solo por amostra), M±DP: número médio e desvio padrão do número de nematoides em amostras de solo nos diferentes fragmentos de biomas (300 cm³ de solo por amostra), D (%): dominância de cada grupo trófico e *taxa* expresso em porcentagem. ● *Taxa* comum em ambos os biomas.

A distribuição das diferentes estratégias alimentares dos nematoides parasitos de plantas foi diferente em ambos os fragmentos dos biomas. Na Mata Atlântica, os nematoides ectoparasitos (49,9%) foram os maiores representantes, seguidos de semiendoparasitas, endoparasitos migradores e endoparasitos sedentários com 36,5%, 10,4% e 3,3%, respectivamente (Figura 3). Na Caatinga, a os nematoides semiendoparasitas foram dominantes, representando 65,3% dos parasitos de plantas, seguidos por ectoparasitos e endoparasitos migradores com 18,5% e 16,2%, respectivamente (Figura 3).

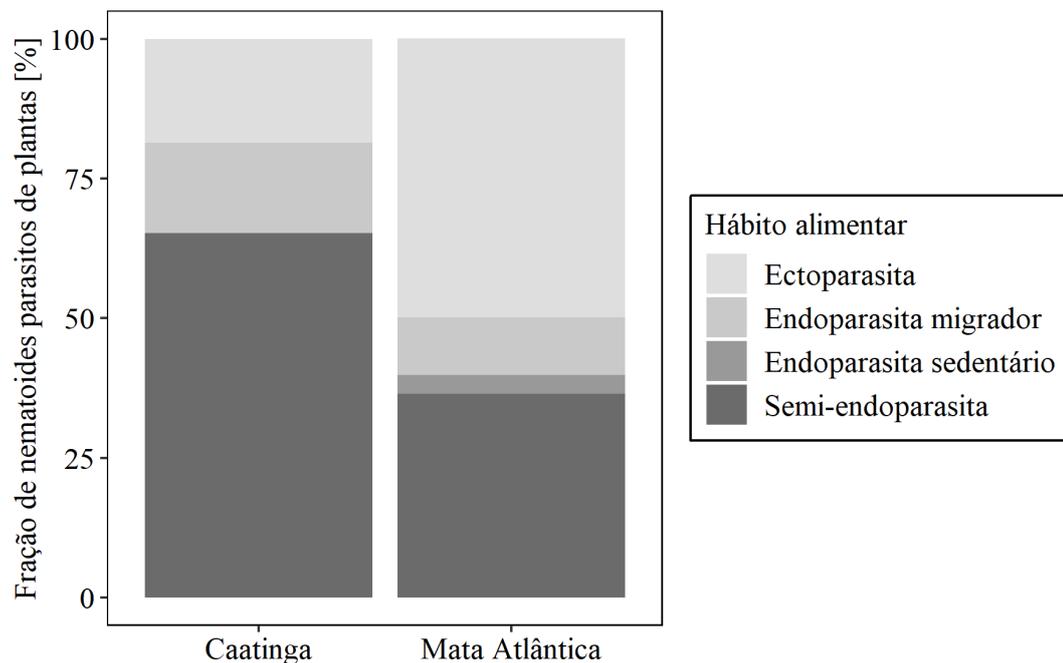


Figura 3. Distribuição das estratégias alimentares dos nematoides parasitos de plantas nos fragmentos da Caatinga e Mata Atlântica em Pernambuco.

De acordo com Silva et al. (2008), em estudo na Mata Atlântica de São Paulo, também foi encontrada ampla diversidade de gêneros/famílias de fitonematoides, sendo encontrados todos os modos de parasitismo (ectoparasitos, endoparasitos migradores e endoparasitos sedentários). Os nematoides ectoparasitos prevalecem em todos os ambientes terrestres e

representam uma ameaça às plantas florestais, pois, os seus efeitos durante o parasitismo são lentos e irreconhecíveis, levando a um declínio lento, indetectável e gradual das árvores (Khan, 2012). Os nematoides ectoparasitos do gênero *Hemicycliophora* já foram relatados em solos de Mata Atlântica, no entanto, em baixas populações quando comparados a outros nematoides parasitos de plantas (Cardoso et al., 2012).

Os nematoides do gênero *Helicotylenchus*, possuem duas estratégias de alimentação, podem ser ectoparasitas em alguns casos e endoparasitas em outros. No NINJA, os nematoides pertencentes a este gênero são classificados como semiendoparasitas. Alguns estudos com fragmentos de Mata Atlântica já relataram a ocorrência dos nematoides semiendoparasitas (*Helicotylenchus* e *Hoplolaimus*) em São Paulo (Silva et al., 2008) e em Pernambuco (Cardoso et al., 2016).

Nematoides do gênero *Meloidogyne* (endoparasitas sedentários) já foram relatados em fragmentos de Mata Atlântica, sendo encontrados no solo e infectando naturalmente plantas nativas (Lima et al., 2005; Antes et al., 2012; Cardoso et al., 2015). Corroborando os dados encontrados por Antes et al. (2012) e Varela-Benavides et al. (2022), os nematoides (*Meloidogyne* spp.) foram encontrados em baixa abundância comparado a outros nematoides fitoparasitas em solos com vegetação nativa. As espécies *M. javanica*, *M. exigua*, *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*), já foram relatadas em solo de Mata Atlântica (Lima et al., 2005).

Embora sejam os poucos estudos sobre as comunidades de nematoides na Caatinga, os nematoides espiralados (*Helicotylenchus* spp.) já foram relatados em plantações de goiabeira (*Psidium guava* L.) em ambiente de caatinga (Vicente et al., 2015), no solo em áreas com diferentes processos erosivos (Ramos et al., 2010) e também no solo de caatinga natural e caatinga salinizada (Sá et al., 2021).

Diferentes nematoides ectoparasitas foram encontrados no solo de Caatinga, tendo o gênero *Tylenchorhynchus* sido dominante e restrito a este ambiente. Estes nematoides já foram relatados em estudos sobre comunidades de nematoides em ambiente de Caatinga (Caixeta, 2015; Batista, 2019; Melo, 2021). Como mencionado anteriormente, os nematoides endoparasitas migradores (*Pratylenchus* spp.) já foram relatados parasitando plantas da caatinga (Junior & Assunção, 2021).

Estes resultados indicam que diferentes e importantes nematoides fitoparasitas que causam prejuízos econômicos são encontrados naturalmente na Mata Atlântica e na Caatinga. A implantação de culturas agrícolas nestes biomas pode ser afetada por *Meloidogyne* spp. e

Pratylenchus spp. (bioma Mata Atlântica) ou por *Helicotylenchus* spp. e *Pratylenchus* spp. (bioma Caatinga).

A análise NMDS, evidenciou de acordo com a nematofauna, que os biomas Caatinga e Mata Atlântica formam grupos distintos (Figura 2). Os grupos também foram confirmados com diferenças estatísticas no teste ANOSIM, comprovando as diferenças na composição da comunidade de nematoides entre a Caatinga e Mata Atlântica (Global R= 0,3979; P<0,0001). A diferença entre os fragmentos da Caatinga e Mata Atlântica possui dissimilaridade média geral de 73,11%. Os gêneros *Panagrolaimus* (8,4%) e *Acrobeles* (7%) são os maiores responsáveis para as diferenças na composição na comunidade de nematoides (Tabela 5).

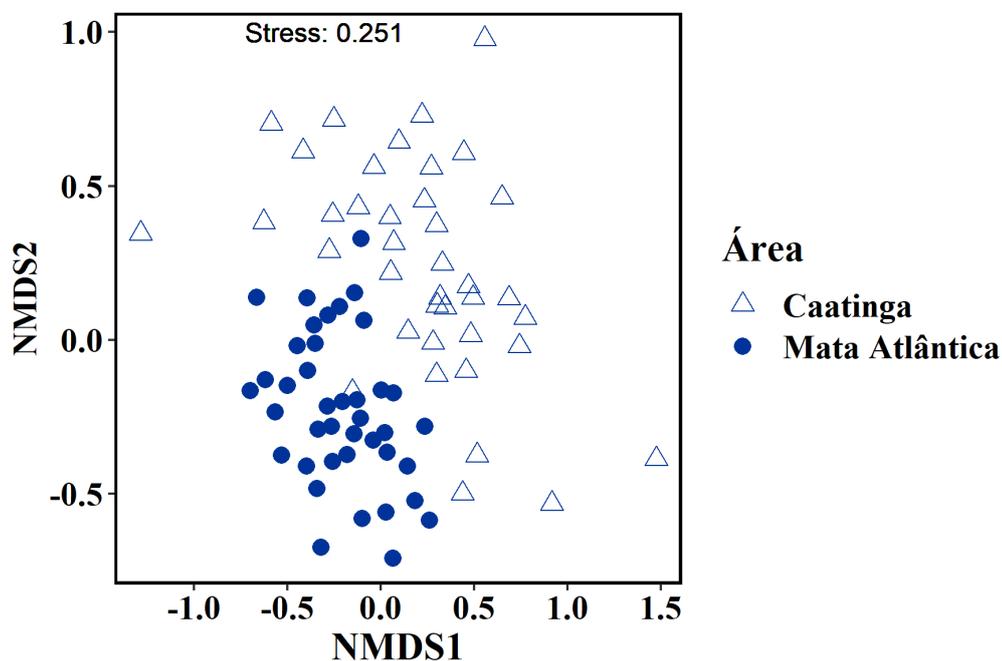


Figura 2. Ordenação de escala multidimensional não métrica (NMDS), baseada no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis, mostrando a composição da comunidade de nematoides sob influência dos biomas Caatinga e Mata Atlântica.

Tabela 5. Resultados da análise SIMPER mostrando os taxa de nematoides que mais contribuíram para a dissimilaridade das comunidades de nematoides entre os fragmentos dos biomas Caatinga e Mata Atlântica em Pernambuco.

Nematoide	Contribuição (%)	Cont. acum. (%)	Abundância média	
			Bioma Caatinga	Bioma Mata Atlântica
Biomos: Caatinga vs. Mata Atlântica (dissimilaridade média geral:73,11%)				
<i>Panagrolaimus</i>	8,4	8,4	0,08	1,4
<i>Acrobeles</i>	7	22,7	1,2	0,28

<i>Hemicycliophora</i>	6,7	29,4	0	1,08
Rhabditidae	6,1	35,5	1,35	2,08
<i>Prismatolaimus</i>	5,7	41,2	0,35	0,91
<i>Diplogaster</i>	5,1	46,3	0,32	0,83
<i>Nothotylenchus</i>	4,4	60,1	0,03	0,71
<i>Mesodorylaimus</i>	4,3	64,4	0,23	0,64
<i>Labronema</i>	4,2	68,6	0,3	0,63
<i>Rhabditis</i>	2	83,5	0	0,35

Dados transformados em $\log_{10}(x+1)$. Cont. acuml.; contribuição acumulada em porcentagem.

Como esperado, ocorre à dissimilaridade entre os biomas Caatinga e Mata Atlântica devido à variação na abundância e/ou presença/ausência de alguns gêneros/famílias de nematoides. Corroborando com os dados de Kitagami et al. (2017), os nematoides do gênero *Prismatolaimus* foram dominantes em áreas de floresta com solo arenoso. Os nematoides deste gênero podem preferir habitats mais úmidos, sendo facilmente encontrados em ambientes aquáticos ou próximos à zona costeira (Abebe et al., 2006). De acordo com Nielsen et al. (2014), a família Cephalobidae (*Acrobeles*) ocorre em ambientes com poucos recursos, em condições de temperatura desfavoráveis e em regiões secas, sendo estas condições características do bioma Caatinga.

3.3 Aspectos ecológicos: classificação c-p e classificação p-p

No fragmento de Mata Atlântica, os nematoides c-p 1, como Rhabditidae (bacteriófagos) foram dominantes, representando 65,9% do total de indivíduos, seguidos pelas c-p 4, c-p 2, c-p 3, com 17,4%, 9,7% e 7%, respectivamente (Figura 4). Nos nematoides parasitos de plantas, a classificação p-p 3, como *Hemicycliophora*, foi dominante, correspondendo a 98,7% do total de indivíduos, seguidos de p-p 4 e p-p 5, com 1,1% e 0,2% respectivamente (Figura 5).

Nos fragmentos de Caatinga, os nematoides c-p 2, como *Aphelencooides* (micófagos) e *Acrobeles* (bacteriófagos) foram dominantes, representando 39,1% do total de indivíduos, seguidos pelas c-p 1, c-p 4 e c-p 3, com 29,6%, 25,5% e 5,8%, respectivamente (Figura 4). Nos nematoides parasitos de plantas, a classificação p-p 3, como *Helicotylenchus* e *Tylenchorhynchus*, foi dominante, correspondendo a 93,2% do total de indivíduos, seguidos pelas p-p 2, p-p 4, p-p 5, com 2,9%, 2,6%, e 1,3%, respectivamente (Figura 5).

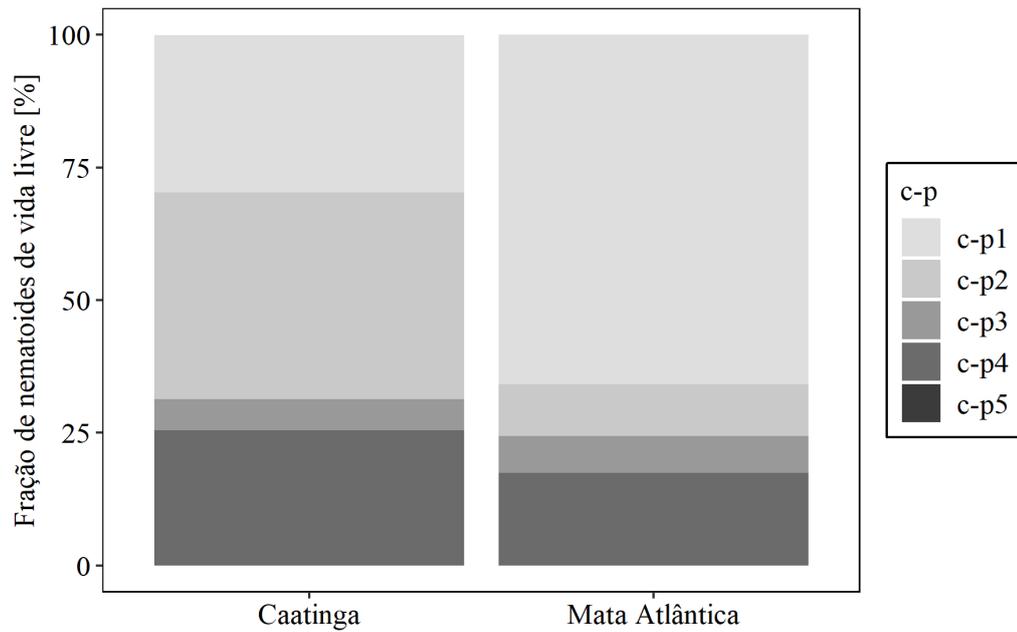


Figura 4. Distribuição da estrutura colonizador-persistente das comunidades de nematoides de vida livre (c-p 1 a c-p 5) nos fragmentos da Caatinga e Mata Atlântica.

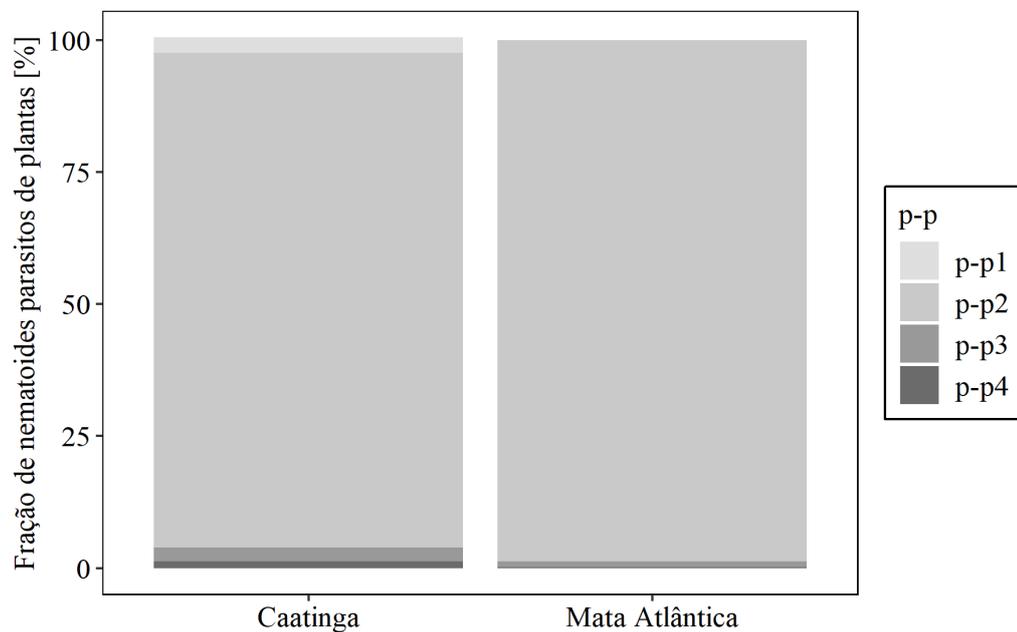


Figura 5. Distribuição da estrutura das estratégias de vida das comunidades de nematoides parasitos de plantas (p-p 2 a p-p 5) nos fragmentos da Caatinga e Mata Atlântica.

Os nematoides c-p 2 foram dominantes na Caatinga e este resultado corrobora com aqueles encontrados por Silva et al. (2021). Da mesma forma, já foram relatados nematoides p-p 3 em maior dominância neste ambiente (Ramos et al., 2010; Vicente et al., 2015; Sá et al.,

2021). De acordo com Ferris et al. (2001), os nematoides com c-p 1 e c-p 2 possuem como características, curto tempo de geração, alta fecundidade e são considerados oportunistas de enriquecimento, pois, toleram perturbações.

3.4 Índices ecológicos das comunidades de nematoides

Os valores médios dos índices de maturidade (IM) indicaram que o bioma Mata Atlântica possui maior distúrbio do que a Caatinga (Tabela 6). De acordo com Bongers (1999), o IM representa a estabilidade e o grau de distúrbio do ambiente, ou seja, valores acima de 1 e abaixo de 3 indicam que o ecossistema está perturbado/enriquecido e valores acima de 3 demonstram que o ambiente do solo, de acordo com a nematofauna, está em estabilidade/preservado.

O IPP foi igual em ambos os fragmentos e, de acordo com Sánchez-Moreno & Ferris (2018,) valores baixos próximos de dois, indicam que as comunidades de nematoides parasitas de plantas no solo são dominadas por nematoides ectoparasitas com comprimento de pequeno a médio porte (Tabela 6). Já o IB foi maior na Caatinga (18,52) do que na Mata Atlântica (2,72) (Tabela 6). De acordo com Ferris et al. (2001), o IB é fundamentado nos componentes basais da nematofauna, obtendo valores mais altos em locais que possuem condições diminuídas da cadeia alimentar do solo.

Tabela 6. Valores médios dos índices ecológicos das comunidades de nematoides nos fragmentos da Caatinga e Mata Atlântica.

Índices ecológicos	Valores médios	
	Bioma Caatinga	Bioma Mata Atlântica
IM	2,33	1,78
IM₂₋₅	2,91	3,28
IPP	3,04	3,04
IC	5,54	3,59
IB	18,54	2,72
IE	63,72	96,20
IS	68,1	88,74

IM: índice de maturidade; IM₂₋₅: índice de maturidade dos nematoides de vida livre com c-p de 2 a 5; IP: índice de parasitos de plantas; IC: índice de canal; IB: índice basal; IE: índice de enriquecimento; IS: índice de estrutura.

De acordo com a análise da cadeia alimentar do solo com base no IE e IS, em ambos os biomas, o ambiente solo encontra-se estruturado. Entretanto, o bioma Mata Atlântica possui valores de IE (96,20) e IS (88,74) superiores aos da Caatinga.

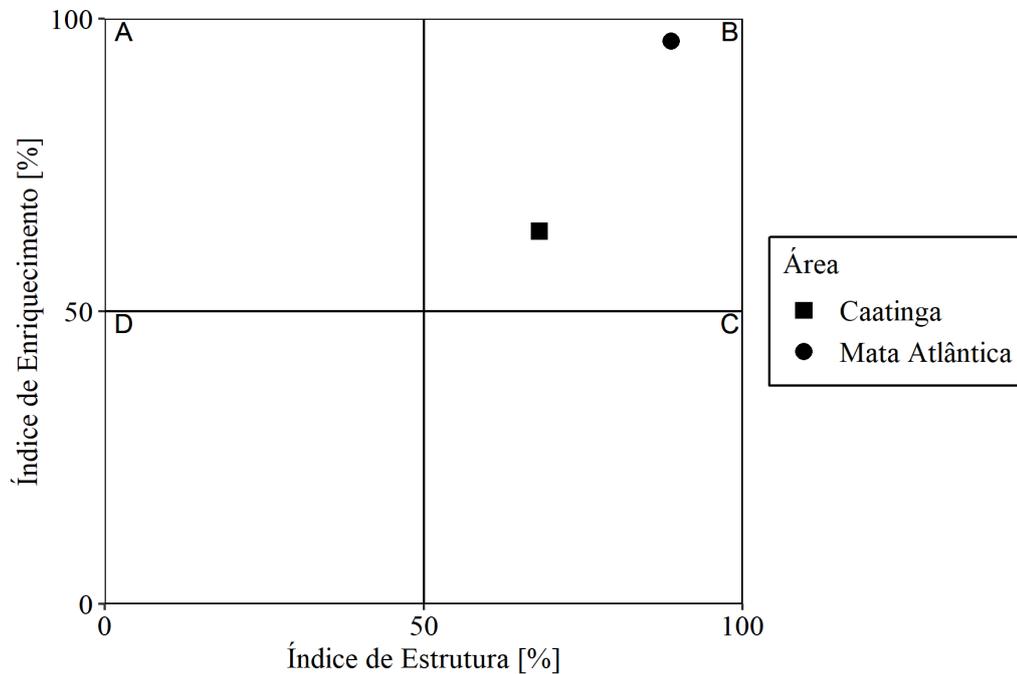


Figura 6. Análise da cadeia alimentar (*food web analysis*) do solo baseado nas comunidades de nematoides distribuídos nos biomas Caatinga e Mata Atlântica.

O IE se baseia na resposta dos nematoides oportunistas (Ba_1 e Mi_2) em relação à cadeia alimentar do solo (Ferris et al., 2001). Desse modo, o IE pode indicar o nível de enriquecimento da cadeia alimentar e a atividade de decompositores primários presentes no solo.

3.5 Via de decomposição da matéria orgânica

A razão entre os nematoides micófagos e bacteriófagos (MIC/BACT) é considerada indicadora do processo de decomposição da matéria orgânica na cadeia alimentar (Sohlenius & Sandor, 1987; Neher et al., 2005). Os valores da razão MIC/BACT foram 0,1 e 0,08, em Caatinga e Mata Atlântica, respectivamente. Cardoso et al. (2012) também observaram o valor da razão MIC/BACT próximo a 0,08 em fragmentos de Mata Atlântica.

Os baixos valores da razão MIC/BACT demonstram que a decomposição da matéria orgânica é fundamentada ação de bactérias (Tomazini et al., 2008). Desta forma, as populações bacterianas favorecem as comunidades de nematoides bacteriófagos refletindo diretamente na decomposição da matéria orgânica (Freckman, 1988).

3.6 Correlações entre os taxa de nematoides e os atributos físico-químicos do solo

Em ambos os biomas, não foi possível observar correlações fortes (positivas ou negativas) entre os gêneros/famílias de nematoides e os atributos físico-químicos do solo.

Os nematoides do gênero *Xiphinema* tiveram correlação negativa com o pH do solo ($r = -35\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 7), diferente do que foi relatado por Chen et al. (2012) em que os nematoides deste gênero foram mais abundantes em solo com pH mais baixo. Outro nematoide parasito de planta que teve correlação com o pH foi *Meloidogyne* com fraca correlação positiva ($r = 39\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 7). De acordo com Zhong & Cai (2007), a correlação da abundância dos nematoides com o pH do solo, independente se for positiva ou negativa, mostra que é importante no estímulo à diversidade de nematoides.

Os nematoides do gênero *Helicotylenchus* tiveram fraca correlação negativa com o teor de argila ($r = -27\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 7) e fraca correlação positiva com Morg ($r = 51\%$; $P \leq 0,05$) e EstoqueC ($r = 48\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 8). Segundo Olabiyi et al. (2009) os nematoides parasitos de plantas são menos encontrados em solos com maior textura argilosa por terem menor facilidade em locomoção devido ao pouco espaço poroso existente. Dias-Arieira et al. (2021) observaram que, os nematoides pertencentes a este gênero se correlacionaram positivamente com a matéria orgânica do solo e com o estoque de carbono, que é uma variável levada em consideração na equação para determinar o teor de matéria orgânica do solo.

Discocricinemella teve fraca correlação negativa com o teor de silte ($r = -39\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 7) e fraca correlação positiva com a Ds e o teor de areia ($r = 39\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 8). Solos arenosos com fração de areia maior que 60% são menos férteis e possuem maior porosidade, aspectos que facilitam a movimentação dos nematoides (Fajardo et al., 2011; Arévalo et al., 2016).

Os nematoides do gênero *Hemicycliophora* tiveram fraca correlação negativa com a CE ($r = -31\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 7), no entanto, os nematoides do gênero *Trichodorus* e *Pratylenchus* tiveram fraca correlação positiva ($P \leq 0,05$) com a CE $r=42\%$ e $r=64\%$, respectivamente (Figura 8). Fatores ligados ao solo como, salinidade, teor de metais pesados e carbono orgânico afetam negativamente a diversidade de nematoides (Mahmoudi et al., 2002).

Paratrichodorus teve fraca correlação positiva com a Dp ($r = 33\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 8) corroborando com Kandji et al. (2001), que também observou correlação positiva com a densidade de partículas.

Rotylenchus teve fraca correlação positiva com a temperatura ($r = 33\%$; $P \leq 0,05$) (Figura 8). De acordo com Bakoni et al. (2007), a temperatura tem influência direta no crescimento, reprodução, alimentação e atividade dos nematoides, em que o aumento da temperatura, por consequência, aumenta todos esses parâmetros de uma forma específica para diferentes espécies e pode resultar em mudanças na estrutura da comunidade de nematoides.

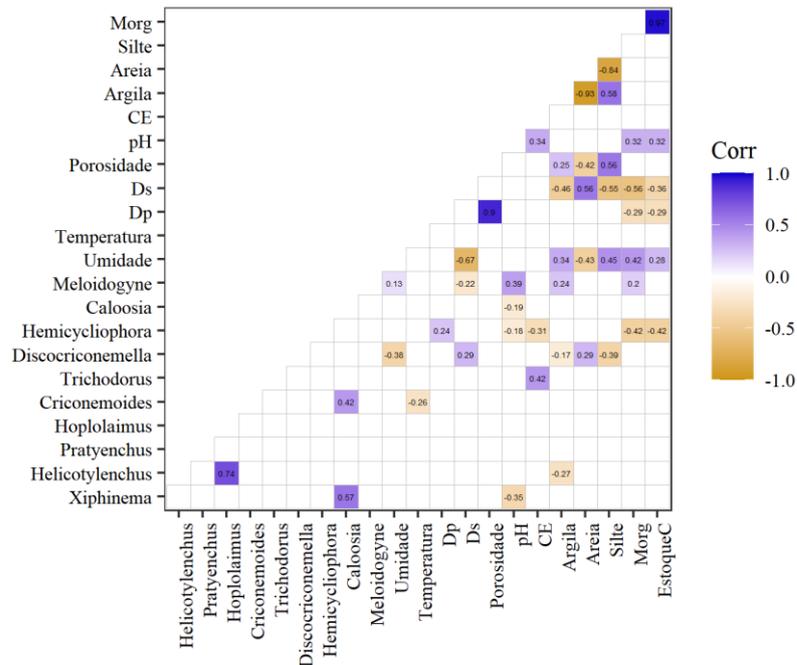


Figura 7. Matriz de correlação de Pearson ($P < 0,05$) representada no correlograma, destacando as correlações significativas entre as comunidades de nematoides parasitos de plantas e as propriedades do solo nos fragmentos da Mata Atlântica estudados. Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; CE: condutividade elétrica do solo; Morg: matéria orgânica do solo; EstoqueC: estoque de carbono do solo.

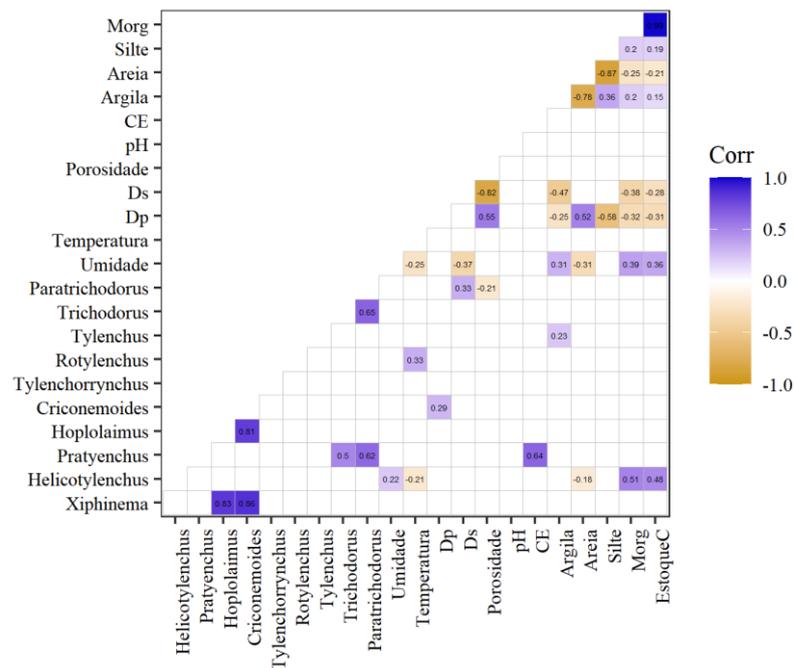


Figura 8. Matriz de correlação de Pearson ($P < 0,05$) representada no correlograma, destacando as correlações significativas entre as comunidades de nematoides parasitos de plantas e as propriedades do solo nos fragmentos da Caatinga estudados. Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; CE: condutividade elétrica do solo; Morg: matéria orgânica do solo; EstoqueC: estoque de carbono do solo.

A análise de redundância (RDA) relaciona as guildas funcionais, as propriedades (físicas e químicas) do solo e os diferentes biomas. Os dois primeiros eixos responderam por 22,18% da variação total das guildas funcionais dos nematoides nos diferentes biomas. O primeiro eixo (RDA1) foi responsável por 17,43% e o segundo eixo (RDA2) foi responsável por 7,75% da variação total. Pelo teste de forward de todos os atributos físico-químicos do solo, apenas, CE (p value: 0,002) e EstoqueC (p value: 0,019) foram significativos. As guildas funcionais H₄ e Pr₄ foram influenciadas positivamente pela CE, enquanto as guildas funcionais H₂, H₅ e Pr₃ foram influenciadas negativamente pelo EstoqueC (Figura 9).

No bioma Mata Atlântica, a umidade, teor de matéria orgânica e o estoque de carbono tiveram maior influência, enquanto, na Caatinga, os atributos do solo referentes à densidade do solo e teor de areia tiveram maior influência (Figura 9).

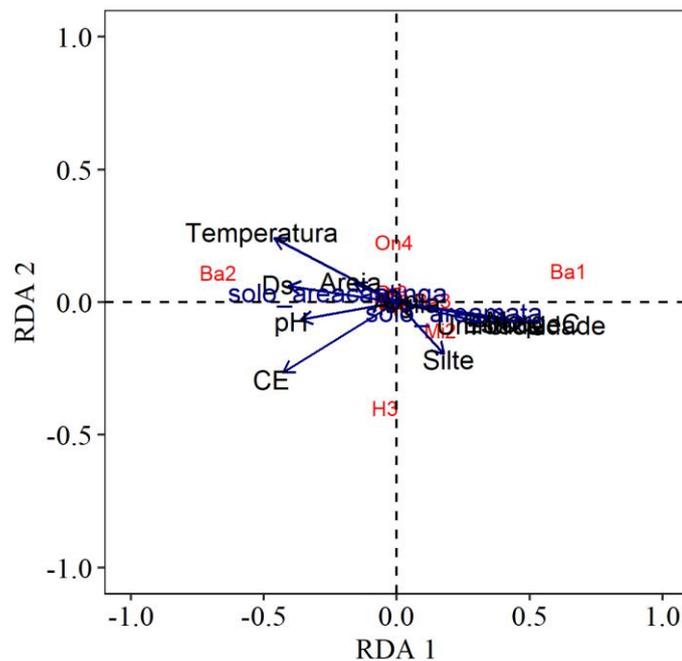


Figura 9. Análise de redundância (RDA) com base na relação entre as guildas funcionais na Mata Atlântica e na Caatinga e as propriedades físico-químicas do solo. Onde: Ba₁: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 1, Ba₂: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 2, Ba₃: guilda funcional para bacteriófagos com c-p 3, Mi₂: guilda funcional para micófitos com c-p 2, Pr₂: guilda funcional para predadores com c-p 2, Pr₃: guilda funcional para predadores com c-p 3, Pr₄: guilda funcional para predadores com c-p 4; On₄: guilda funcional para onívoros com c-p 4, H₂: guilda funcional para parasitos de plantas com c-p 2, H₃: guilda funcional para parasitos de plantas com c-p 3, H₄: guilda funcional para parasitos de plantas com c-p 4, Dp: densidade de partículas, Ds: densidade do solo, CE: condutividade elétrica do solo, Morg: matéria orgânica do solo, EstoqueC: estoque de carbono do solo.

Diferente do que foi evidenciado por Sá et al. (2021), em que as comunidades de nematoides foram afetadas negativamente pela condutividade elétrica de solos salinos da Caatinga, no presente estudo foi possível observar uma influência positiva da condutividade elétrica em algumas guildas funcionais.

O estoque de carbono do solo pode influenciar algumas guildas funcionais de nematoides, pois, como foi demonstrado por Oka (2010), o teor de matéria orgânica no solo aumenta a quantidade de organismos com efeito supressivo aos nematoides. De acordo com Lupatini et al. (2017), ainda que a comunidade microbiana do solo exerça um papel fundamental, existe conhecimento limitado sobre a complexidade da diversidade microbiana do solo no controle de fitopatógenos. Fatores como, cobertura morta e adição de material de compostagem no solo, criam um ambiente inadequado aos nematoides parasitas de plantas e,

ao mesmo tempo, ajudam alguns nematoides de vida livre e micro-organismos benéficos (Bogdányi et al. 2021).

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados das propriedades do solo e a estrutura e composição das comunidades de nematoides encontradas, os biomas Mata Atlântica e Caatinga são distintos. A abundância de nematoides é maior na Mata Atlântica que na Caatinga. Os nematoides parasitos de plantas foram mais dominantes na Caatinga que na Mata Atlântica. A implantação de culturas agrícolas pode ser afetada por *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. no bioma Mata Atlântica ou por *Helicotylenchus* spp. e *Pratylenchus* spp. no bioma Caatinga. As propriedades do solo (condutividade elétrica e estoque de carbono) influenciaram na comunidade de nematoides em ambos os biomas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento em todo período de desenvolvimento da pesquisa e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido).

6. REFERÊNCIAS

Abebe, F., Andrassy I., & Traunspurger, W. (2006). *Freshwater nematodes: ecology and taxonomy*. (1st Ed.). Cambridge, MA: CAB International.

Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC. (2022). *Precipitação média por município*. <https://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Antes, V. A., Comerlato, A. P., Schueller, A. R., Carneiro, R. M. G. D., & Furlanetto, C. (2012). Native-plant hosts of *Meloidogyne* spp. From Western Paraná, Brazil. *Brazilian archives of Biology and Technology*, 55(2), 213-219. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000200005>

- Arévalo, G. E., Zíñiga, C. L., Baligar, V., Bailey, B., & Canto, M. (2016). Dinâmica poblacional de nemátodos associados de cultivo tradicional de cação em La Amazonia Peruana. *Journal Contribution*, 1-11. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3187695.v2>
- Bakoni, G., Nagy, P., Kovács-Lang, E., Kovács, E., Barabás, S., Répási, V., & Seres, A. (2007). Soil nematode community structure as affected by temperature and moisture in a semiarid shrubland. *Applied Soil Ecology*, 37(1-2), 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.03.008>
- Batista. M. G. C. (2019). Nematofauna associada a áreas degradadas de Caatinga. [Dissertação de Mestrado, Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco]. Repositório de Dissertações de Teses do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da UFRPE. http://www.ppgf.ufrpe.br/sites/ww3.ppgf.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_-_maria_gabriela_cavalcante_batista.pdf
- Biswall, D. (2022). Soil Nematodes as the Silent Sufferers of Climate-Induced Toxicity: Analysing the Outcomes of Their Interactions with Climatic Stress Factors on Land Cover and Agricultural Production. *Applied biochemistry and biotechnology*, 1-68. <https://doi.org/10.1007/s12010-022-03965-x>
- Bogdányi, F. T., Pullai, K. B., Doshi, P., Erdős, E., Gillian, L. D., Lajos, K., Leonetti, P., Nagy, P. I., Pantaleo, V., Petriovski, R., Sera, B., Seres, A., Simon, B., & Tóth, F. (2021). Composted municipal Green waste infused with biocontrol agents to control plant parasitic nematodes – A review. *Microorganisms*, 9(1),1-39. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102130>
- Bongers, T. (1990). The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83, 14-19. <https://doi.org/10.1007/BF00324627>
- Bongers, T., & Bongers, M. (1998). Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10(3), 239-251. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00123-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00123-1)
- Bongers, T. (1999). The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and Soil*, 212, 13-22. <https://doi.org/10.1023/A:1004571900425>
- Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2011). *Numerical Ecology with R*. (1st ed.). Nova Iorque, NY: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7976-6>

- Caixeta, L. B. (2015). Diversidade de nematoides em sistemas de uso de solo nos biomas de Mata Atlântica e Caatinga e aspectos taxonômicos e filogenéticos da família Telotylenchidae. [Tese de Doutorado, Brasília : Universidade de Brasília]. Repositório Institucional da UNB. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/19282>
- Cardoso, M. O., Pedrosa, E. M. R., Rolim, M. R., Silva, E. F. F., & Barros, P. A. (2012). Effects of soil mechanical resistance on nematode community structure under conventional sugarcane and remaining of Atlantic Forest. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 3529-3544.
- Cardoso, M. O., Pedrosa, E. M. R., Ferris, H., Rolim, M. M., Vicente, T. F. S., & David, M. F. L. (2015). Comparing sugarcane fields and forest fragments: the effect of disturbance on soil physical properties and nematode assemblages. *Soil Use and Management*, 31, 397-407. <https://doi.org/10.1111/sum.12190>
- Cardoso, M. S. O., Pedrosa, E. M. R., Ferris, H., Rolim, M. M., & Oliveira, L. S. C. (2016). Nematode fauna of Tropical Rainforest in Brazil: A descriptive and seasonal approach. *Journal of Nematology*, 48(2), 116-125. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2017-017>
- Chen, S. Y., Sheaffer, C. C., Wyse, D. L., Nickel, P., & Kandel H. (2012). Plant-parasitic Nematode Communities and Their Associations with Soil Factors in Organically Farmed Fields in Minnesota. *Journal of Nematology*, 44(4), 361-369.
- Dias-Arieira, C. R., Ceccato, F. J., Marinelli, E. Z., Vecchi, J. L. B., Arieira, G. O., & Santana-Gomes, S. M. (2021). Correlations between nematode numbers, chemical and physical soil properties, and soybean yield under different cropping systems. *Rhizosphere*, 19, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100386>
- Donagema, G. K. (2011). *Manual de métodos de análise do solo*. (2nd ed.). Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos.
- Fajardo, M. P., Aballay, E., & Casanova, M. P. (2011). Soil properties influencing phytoparasitic nematode population on chilean vineyards. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71, 240-248. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000200009>
- Franco-Navarro, F., & Godinez-Vidal, D. (2017). Soil nematodes associated with different land uses in the los tuxtlas biosphere reserve, Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 136-145. <https://doi.org/10.1016/J.RMB.2017.01.002>

- Ferris, H., Bongers, T., & De Goede, R. G. M. (2001). A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18(1), 13-39. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(01\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00152-4)
- Fidalgo, E. C. C. (2007). *Estoque de carbono nos solos do Brasil*. (1st ed.). Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos.
- Freckman, D. W. (1988). Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27(1-3), 195-217. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90066-7](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90066-7)
- Freckman, D. W., & Ettema, C. H. (1993). Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 45(3-4), 239-261. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90074-Y](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90074-Y)
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Höss, S., Claus, E., Von der Ohe, P. C., Brinke, M., Güde, H., Heininger, P., & Traunspurger, W. (2011). Nematode species at risk – A metric to assess pollution in soft sediments of freshwaters. *Environment International*, 37(5), 940-949. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.03.013>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2004). *Mapa de Biomas do Brasil - primeira aproximação*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2017). *Levantamento sistemático da produção agrícola – Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano de 2017*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2019). *Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000*. Rio de Janeiro, RJ: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- Jenkins, W. R. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, 48(9), 692-695.
- Junior, F. J. C. S., & Assunção, M. C. (2021). Detection of *Pratylenchus zea* and *P. brachyurus* parasitizing plants from the caatinga biome, Ceará, Brazil. *Journal of Nematology*, 53, 1-5. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2021-019>

- Kandji, S. T., Ogol, C. K. P. O., & Albrecht, A. (2001). Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physic-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology*, 18(2), 143-157. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(01\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00157-3)
- Khan, M. R. (2012). Nematodes, an emerging treat to Global Forests: Assessment and Management. *Plant Pathology Journal*, 11(4), 99-113. <https://doi.org/10.3923/ppj.2012.99.113>
- Kimenju, J. W., Karanja, N. K., Mutua, G. K., Rimberia, B. M., & Wachira, P. M. (2009). Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 11, 353-360.
- Kitagami, Y., Kanzaki, N., & Matsuda, Y. (2017). Distribution and community structure of soil nematodes in coastal Japanese pine forests were shaped by harsh environmental conditions. *Applied Soil Ecology*, 119, 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.030>
- Lima, M. L. F. (1998). *A reserva da Biosfera da Mata Atlântica em Pernambuco: situação atual, ações e perspectivas*. (1st ed.) São Paulo, SP: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.
- Lima, D. A. de. (2007). Estudos Fitogeográficos de Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 4, 243-274.
- Lima, I. M., Souza, R. M., Silva, C. P., & Carneiro, R. M. D. G. (2005). *Meloidogyne* spp. from áreas of Atlantic Forest in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Nematologia Brasileira*, 29(1), 31-38.
- Lupatini, M., Korthals, G. W., de Hollander, M., Janssens, T. K. S., & Kuramae, E. E. (2017). Soil microbiome is more heterogeneous in organic than in conventional farming system. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02064>
- Mai, W. F., Mullin, P.G., Lyon, H. H., & Loeffler, K. (1996). *Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera*. (5th ed.). Ithaca, NY: Cornell University.
- Medeiros, R. M., Holanda, R. M., Viana, M. A., & Silva, V. P. (2018). Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco, Brazil. *Revista de Geografia*, 35(3), 219-234. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229388>
- Mekete, T., Dababat A., Sekora N., Akyazi F., & Abebe, E. (2012). *Identification key for agriculturally important plant-parasitic nematodes Prepared for the International Nematode*

Diagnosis and Identification Course 2012: A manual for nematology. México, D.F: CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center).

Melo, J. M. M. (2021). Estrutura e distribuição espacial da nematofauna e qualidade do solo em áreas ribeirinhas da Caatinga. [Tese de Doutorado, Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco]. Repositório de Dissertações de Teses do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE.

http://www.pgea.ufrpe.br/sites/ww3.pgea.ufrpe.br/files/documentos/tese_julianamelo_agosto2021.pdf

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853– 858.

<https://doi.org/10.1038/35002501>

Neher, D. A., Wu, J. Barbecheck, M. E., Anas, O. (2005). Ecosystems type effects interpretation of soil nematode community measures. *Applied Soil Ecology*, 30 (1), 47-64.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.01.002>

Nielsen. U. N., Ayres, E., Wall, D. H., Li, G., Bardgett, R. D., Wu, T., & Garey, J. R. (2014). Global-scale patterns of assemblage structure soil nematodes in relation to climate and ecosystem properties. *Global ecology and Biogeography*, 23(9), 968-978.

<https://doi.org/10.1111/geb.12177>

Oka, Y. (2010). Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments—A review. *Applied Soil Ecology*, 44(2), 101-115. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.11.003>

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O’Hara, R. B., Simpson, G. L., Stevens, M. H. H., & Wagner, H. (2022). Package ‘vegan’: Community Ecology Package (Version 2.6-4). <https://github.com/vegandevs/vegan>

Olabiyi et al. (2009)

Oliveira, A. P. C., & Bernard, E. (2017). The financial needs vs. the realities of in situ conservation: an analysis of federal funding for protected areas in Brazil’s Caatinga.

Biotropica, 49, 745-752. <https://doi.org/10.1111/btp.12456>

Overbeck, G. E., Vélez-Martin, E., Scarano, F. R., Lewinsohn, T. M., Fonseca, C. R., Meyer, S. T., Muller, S. C., Ceotto, P., Dadalt, L., Durigan, G., Ganade, G., Gossner, M. M., Guadagnin, D. L., Lorenzen, K., Jacobi, C. M., Weisser, W. W., & Pillar, V. D. (2015).

Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 21, 1455-1460. <https://doi.org/10.1111/ddi.12380>

Papatheodorou, E. M., Argyropoulou, M. D., & Stamou, G. P. (2004). The effects of large and small-scale differences in soil temperature and moisture on bacterial functional diversity and the community of bacterivorous nematodes. *Applied Soil Ecology*, 25(1), 37-49.

[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(03\)00100-8](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00100-8)

Pell, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate Classification, *Hess*, 11, 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

Perez-Marin, A. M., Santos, A. P. S., Ulloa, L. F., Moreira, J. M., Medeiros, A. M., Lima, R. C. S., Bezerra, H. A., Bezerra, B. G., & Silva, L. L. (2013). *O Semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes*. (1st ed.). Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido.

R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, AT: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.

Ramos, Y., Pedrosa, E. M. R., Rolim, M. M., & Miranda, T. L. (2010). Relações entre a nematofauna e atributos físico-químicos do solo em áreas degradadas por erosão laminar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(4), 570-578.

Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142, 1141-1153.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>

Sá, C. S. B.; Shiosaki, R. K., Santos, A. M., & Campos, M. A. S. (2021). Salinization causes abrupt reduction in soil nematode abundance in the Caatinga área of the Submedio San Francisco Valley, Brazilian, semiarid region. *Pedobiologia*, 85-85, 1-6.

<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2021.150729>

Sánchez-Moreno, S., & Ferris, H. (2018). Nematode ecology and soil health. In: Sikora, R. A., Coyne, D., Hallman, J., & Timper, P. (Ed.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. (p. 62-86). (3rd ed.). Boston, MA: CABI.

<https://doi.org/10.1079/9781786391247.006>

- Schratzberger, M., & Ingels, J. (2018) . Meiofauna matters: The roles of meiofauna in benthic ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 502, 12-15.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.007>
- Seddon, A. W. R., Macias-Fauria, M., Long, P. R., Benz, D., & Willis, K. J. (2016). Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature*, 531, 229-232.
<https://doi.org/10.1038/nature16986>
- Sieriebriennikov, B., Ferris, H., & De Goede, R. G. M. (2014). NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology*, 61, 90-93. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.02.004>
- Silva, R. A., Silva, E. S., Andedomênico, S. R., & Inomoto, M. M. (2008). Fauna de fitonematoides na Mata Atlântica do Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, Brasil. *Nematropica*, 38(1), 1-12.
- Sohlenius, B., & Sandor, A. (1987). Ploughing of a perennial grass ley-effect on the nematode fauna. *Pedobiologia*, 33, 199-210.
- Tarjan, A. C., Esser, R. P., & Chang, S. L. (1977). An illustrated key to nematodes found in fresh water. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 49(11), 2318-2337.
<http://www.jstor.org/stable/25039452>
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. (3rd ed.). Brasília, DF: Embrapa Solos.
- Tomazini, M. D., Ferraz, L. C. C. B., & Monteiro, A. R. (2008). Estrutura trófica e índices de maturidade de comunidades de nematoides em áreas contíguas de vegetação natural e submetidas a diferentes tipos de uso agrícola. *Nematologia Brasileira*, 32(3).
- Varela-Benavides, I.; Abolafia, J.; Guevara-Mora, M.; Peña-Santiago, R.; Ferris, H. (2022). Nematode assemblages in four ecosystems of Parque Nacional Del Agua, Costa Rica. *Applied Soil Ecology*, 172, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104360>
- Vicente, T. F. S., Montenegro, A. A. A., Pedrosa, E. M. R., Júnior, R. V. P. F., Silva, J. S., & Tavares, U. E. (2015). Community structure and spatial variability of soil nematodes in an alluvial soil in a semiarid region of Pernambuco state, Brazil. *Nematoda*, 2, 1-12.
<http://dx.doi.org/10.4322/nematoda.08015>
- Wei, T., Simko, V. (2021). R package ‘corrplot’: Visualization of Correlation Matrix (Version 0.92). <https://github.com/taiyun/corrplot>

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Nova Iorque, NY: Springer.

Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., & Dunnington, D. (2021). R package 'ggplot2' (Version 3.3.5).

Wuertz, D., Setz, T., & Chalabi, Y. (2022). *_fBasics: Rmetrics – Markets and Basic Statistics_*. R package version 4021.93. <https://CRAN.R-project.org/package=fBasics>

Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G. M., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera — an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25(3), 315-331.

Yeomans, J. C., & Bremner, J. M. (1988). A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19, 1467-1476. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>

Zhong, W. H., & Cai, Z. C. (2007). Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. *Applied Soil Ecology*, 36(2-3), 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.12.001>

Capítulo IV



Conclusões Gerais

CONCLUSÕES GERAIS

- Foi possível concluir neste estudo que a Mata Atlântica, a Caatinga e o plantio de coqueiros apresentaram propriedades físico-químicas e composição das comunidades de nematoides distintas.

- Alguns gêneros de nematoides fitoparasitas que causam grandes problemas na agricultura são encontrados naturalmente em baixa densidade populacional na Caatinga e na Mata Atlântica.

- A abundância dos nematoides foi superior durante o período seco.

- Os nematoides bacteriófagos e parasitos de plantas foram dominantes durante os períodos seco e chuvoso no Semiárido.

- O nematoide do gênero *Bursaphelenchus*, causador do anel-vermelho, foi restrito às áreas de plantio de coqueiros.

- A qualidade ambiental do solo pode ser avaliada com base na composição das comunidades de nematoides.

- As propriedades do solo (condutividade elétrica, estoque de carbono e temperatura) influenciam as comunidades de nematoides presentes no solo.