

DINÂMICA POPULACIONAL DE FITONEMATOIDES EM SISTEMA
INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE MILHO

por

GUIDO CALGARO JUNIOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano -Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde - GO

Dezembro /2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA E GRÃOS

**DINÂMICA POPULACIONAL DE FITONEMATÓIDES
EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE
MILHO**

Autor: Guido Calgareo Junior
Orientador: Leonardo de Castro Santos


TITULAÇÃO: Mestre em Bioenergia e Grãos – Área de concentração
Agroenergia.

APROVADA em 31 de outubro de 2019.


Prof.^a Dr.^a Darliane de Castro Santos
Avaliadora externa
IF Goiano/ Polo de Inovação


Prof. Dr. Adriano Jakelaitis
Avaliador externo
IF Goiano/ Campus Rio Verde


Prof.^a Dr.^a Renata Pereira Marques
Avaliadora interna
IF Goiano/ Polo de Inovação


Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos
Presidente da banca
IF Goiano/ Polo de Inovação

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

C151d CALGARO JUNIOR, GUIDO
Dinâmica populacional de fitonematóides em sistema
integrado de produção de milho / GUIDO CALGARO
JUNIOR;orientador Leonardo de Castro Santos. -- Rio
Verde, 2019.
50 p.

Dissertação (em Mestrado em Bioenergia e Grãos) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Zea mays. 2. SIPA. 3. Nematóides
fitoparasitas. 4. Guandu. 5. Tamani. I. Santos,
Leonardo de Castro , orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional-Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Guido Calgaro Junior

Matrícula: 2017202331540085

Título do Trabalho: Dinâmica Populacional de Fitonematoides em Sistema Integrado de Produção de Milho.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 18/12/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O referido autor declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 19/12/2019.


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais Guido Calgaro Junior

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a) Leonardo Castro dos Santos

DINÂMICA POPULACIONAL DE FITONEMATOIDES EM SISTEMA
INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE MILHO

por

GUIDO CALGARO JUNIOR

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos – IF Goiano – Polo de Inovação

Coorientação:

Prof.^a Dr.^a Darliane de Castro Santos – IF Goiano – Polo de Inovação

Profa. Dr.^a Paula Fabiane Martins – IF Goiano – Polo de Inovação

DINÂMICA POPULACIONAL DE FITONEMATOIDES EM SISTEMA
INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE MILHO

por

GUIDO CALGARO JUNIOR

Orientador: _____
Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos – IF Goiano

Examinadores: _____
Prof. Dr. Adriano Jakelaitis

Prof.^a Dr.^a Darliane de Castro Santos

Prof.^a Dr.^a Renata Pereira Marques

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e a oportunidade de estar finalizando mais esta etapa na minha vida. Tudo isso só foi possível por ter pessoas que não mediram esforços para interceder e orar a Deus de modo especial da Igreja Assembleia de Deus de Diorama – Goiás. Rogo aqui e agradeço pela vida de todos meus colegas de trabalho que me apoiaram desde o início neste percurso, de uma maneira ao Tiago do Prado Paim e o Estenio Moreira Alves, por estarem de perto dando motivação e apoiando desde o início até mesmo auxiliando na condução do projeto no campo até no momento da finalização. Obrigado ao Instituto Federal Goiano. Agradeço a toda a equipe do laboratório de fitopatologia na pessoa do prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine – IFGoiano – Polo de Inovação pelo treinamento e pela estrutura, para que pudéssemos realizar a parte laboratorial do projeto. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Polo de Inovação. Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Iporá pelo financiamento da bolsa de mestrado (PIQ). Grato ao senhor Elipio e sua família, proprietários da Fazenda Boa Esperança, que cedeu a área para a execução do projeto. Agradeço pela vida e pela paciência do meu Orientador Leonardo de Castro Santos, mesmo sabendo que este projeto iria ser um desafio, pois é uma área em que eu tinha pouco conhecimento e desde o início acreditou em mim e me apoiou incansavelmente dando todo o suporte que precisava para a realização. Agradeço pela minha família em especial ao meu pequeno João Lucas Pereira Calgaro, que sempre me inspirou em lutar pelos meus objetivos e futuramente saberá que o papai mesmo a distância nunca deixou de estar presente em sua vida, obrigado meu filho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
5. CONCLUSÃO.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

DINÂMICA POPULACIONAL DE FITONEMATOIDES EM SISTEMA
INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE MILHO

Por

GUIDO CALGARO JUNIOR

(Sob Orientação do Professor Dr. Leonardo de Castro Santos – IF Goiano – Polo de Inovação)

RESUMO

No Brasil, vêm consolidando os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, tanto para busca de alternativas mais sustentáveis de produção de grãos bem como recuperação de áreas em degradação. No entanto, têm-se poucas informações sobre a dinâmica de algumas pragas, doenças, nematoides e plantas daninhas nesse sistema, que podem acarretar perdas de produtividade. Este trabalho objetivou verificar a dinâmica de fitonematoides durante a implantação do sistema integrado de produção com milho, além de comparar essa área em relação a área de Cerrado nativo com área de pastagem degradada. O experimento foi conduzido em Iporá – GO, avaliando-se três tratamentos (épocas de plantio do milho) durante 14 meses de avaliação. Foi realizada a semeadura de milho AG 1051, *Panicum maximum* cv. Tamani (tamani) e *Cajanus cajan* cv. Super N (guandu) simultaneamente. A população e produção de matéria seca dos três componentes foram mensurados. Dados meteorológicos também foram coletados. Os tratamentos foram analisados por modelos mistos e a comparação com outras áreas realizada por análise de variância. Quando algum efeito foi identificado, aplicou-se teste Tukey para comparação de médias. Para avaliação da relação entre as variáveis, foram realizadas análises de correlação e componentes principais (PCA). Verificou-se que o aumento populacional de fitonematoides do gênero *Pratylenchus* e *Criconemella* está relacionado com as épocas do ano e com umidade do solo, destacando-se para a temperatura mais elevada. Não

se observou correlação significativa entre produção de grãos e população de fitonematoides. Os fitonematoides afetaram a produção de matéria seca dos outros componentes do consórcio (guandu e tamani). A população de fitonematoides não diferiu entre a área em que foi implantado o SIPA em relação a área de pastagem em degradação e de mata nativa (Cerrado). A implantação do SIPA não afetou a população de fitonematoides e estes não afetaram a produção do milho.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, SIPA, Nematoides fitoparasitas, Guandu, Tamani, Consórcio.

POPULATIONAL DYNAMICS OF PHYTHONEMATOIDES IN AN INTEGRATED
CORN PRODUCTION SYSTEM

by

GUIDO CALGARO JUNIOR

(Under the guidance of Professor Leonardo de Castro Santos – IF Goiano – Innovation Pole)

ABSTRACT

In Brazil, it has been consolidating its Integrated Agricultural Production Systems, both in search of more sustainable alternatives of grain production and in the degraded areas recovery. However, they have little information about some pests, diseases and nematodes dynamics soil systems, which can lead to productivity losses. This work aimed to verify the appropriate adjustments during the integrated production system implementation as well as to compare this area in relation to the native Cerrado area and other degrading pasture area. The experiment was carried out in Iporá - GO, evaluating three treatments (corn planting times) during 14 months of evaluation. *Zea mays* cv. BR 1051, *Panicum maximum* cv. Tamani (Tamani) and *Cajanus cajan* cv. Super N (guandu) were seeded simultaneously. The population and dry matter production of the three components were measured. Weather data were also collected. The treatments were analyzed by mixed models and the comparison with other areas was performed by analysis of variance. When any effect was identified, Tukey test was applied for means comparison. To assess the relationship between the variables, correlation, regression and principal component (PCA) analyzes were performed. It was verified that the population increase of *Pratylenchus* and *Criconemella* Plant-parasitic nematodes are related to the year time and soil moisture,

highlighting the maximum temperature. No significant correlation and regression were observed between grain yield and plant-parasitic nematodes population. Plant-parasitic nematodes affected the dry matter production of others consortium components (guandu and tamani). The plant-parasitic nematodes population did not differ between the area in which the SIPA was implanted in relation to the degrading pasture area and native forest (Cerrado). The SIPA implantation did not affect the population of plant-parasitic nematodes and they did not affect the corn production.

KEY WORDS: *Zea mays* L., SIPA, Plant-parasitic nematodes, Guandu, Tamani, Consortium.

1. INTRODUÇÃO

Os nematoides são animais microscópicos e invertebrados com diferentes hábitos alimentares (Maggenti 1981). As espécies que habitam o solo também chamados de fitonematoides atacam principalmente as raízes das culturas agrícolas provocando injúrias que variam com o gênero da população envolvida, além das condições de solo e a idade da planta (Hugot *et al.* 2001, Eisemback 1998). A Fonte de inoculo primário dos fitonematoides que prejudicam as culturas podem ser oriundas da vegetação nativa (Inomoto 2011).

Práticas culturais inadequadas e uso do monocultivo nas áreas agrícolas do Centro-Oeste brasileiro trouxeram o aumento significativo da degradação do solo e dos recursos naturais. A consequência deste processo foi a queda de produtividade, aumento de pragas e doenças, prejudicando a sustentabilidade da produção agrícola (Yorinori *et al.* 1993). Por isso, os produtores buscam alternativas para resolver esses problemas. Assim, o Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) vem se expandindo no Brasil, traz vários benefícios econômicos e ambientais (Balbino *et al.* 2011). Esse sistema conduz a melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e a quebra de ciclos bióticos (pragas e doenças), propiciando aumento da produtividade (Vilela *et al.* 2008).

No Sistema Integrado de Produção uma das culturas agrícolas mais utilizadas é o milho. É economicamente viável e lucrativo seu uso em consórcio com capim para cobrir os custos da recuperação desta pastagem, e a receita com a venda dos grãos é utilizada para pagar estes custos, neste caso o milho vem sendo uma das melhores alternativa (Cobucci *et al.* 2007). No entanto, esta cultura tem alta suscetibilidade ao fitonematoides do gênero *Pratylenchus* (Inomoto 2011, Chiamolera *et al.* 2012). Neste cenário os problemas fitossanitários causados

pelos fitonematoides no Sistema Integrado têm aumentado quando utilizado espécies forrageiras em consórcio com milho (Dias *et al.* 2010, Inomoto 2011, Franchini *et al.* 2011).

Forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Urochloa*, que são amplamente adotadas no SIPA em consórcio com a cultura do milho atuam ainda como plantas hospedeiras dos fitonematoides podendo levar ao aumento da densidade populacional a campo (Inomoto *et al.* 2007, Dias-Arieira *et al.* 2009). O consórcio pode aumentar ou até mesmo manter a população de fitonematoides alta, desta maneira o SIPA torna-se duvidoso em partes, porém, por outro lado tem-se o benefício da matéria orgânica que o sistema deixa no solo, aumentando também microrganismos que se alimentam dos fitonematoides, tornando-se equilibrado no solo (Karam *et al.* 2009, Macedo 2009).

O manejo de fitonematoides em SIPA deve considerar alguns fatores como: contaminação da área cultivada, susceptibilidade e/ou tolerância das culturas que serão utilizadas, visto que as densidades populacionais esperadas poderão variar de acordo com as culturas e os manejos empregados, tudo isso deve estar sempre vinculada ao monitoramento da área com relação aos fitonematoides presentes (Inomoto & Asmus 2013). As informações relacionadas à dinâmica populacional de fitonematoides em áreas de integração são importantes para busca de novas alternativas de manejo. Assim, objetivou-se verificar de fitonematoides durante a implantação de um sistema integrado de produção de milho, além de comparar essa área em relação a área de cerrado nativo e outra área de pastagem em degradação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FITONEMATOIDES

Os nematoides fazem parte da microfauna e são os animais multicelulares mais abundantes do solo, eles possuem diferentes hábitos alimentares, no que se refere aos fitonematoides de solo atuam com diferentes papéis de acordo com cada espécie e seu hábito alimentar (Yeates *et al.* 1993). Mais de 40 espécies de 12 gêneros de nematoides têm sido citadas como parasitas de raízes de milho, nas áreas produtoras no mundo onde este cereal é cultivado (Costa *et al.* 2009). O gênero *Pratylenchus* Filipjev, 1934 é o predominante e com grau elevado de importância econômica, sendo encontrado nas lavouras de: soja, milho, algodão e batata entre outras culturas. Por ser uma espécie com a capacidade de hospedar-se em várias espécies de plantas (polifagia), com ação patogênica em várias culturas citadas com grande distribuição geográfica causando grandes perdas econômicas (Ferraz 2006). O caso do fitonematoides do gênero *Criconemella* spp. De Grisse e Loof, 1965 é diferente, pois o mesmo possui reservas lipídicas para o seu metabolismo e se mantêm nutridos por longo período de tempo sem a ingestão de alimentos (Diaz 2015).

A ocorrência de fitonematoides do gênero *Helicotylenchus* em áreas cultivadas não é novo, mesmo com distribuição em diversas plantas e presença em várias áreas não se sabe muito sobre prejuízos destes fitonematoides (Ferraz 1980). O gênero *Helicotylenchus* Cobb, 1893 apresenta-se maior frequência nas áreas de algodão e de soja confirmando ser um fitonematoide adaptado às condições dos cultivos anuais, além de se destacar com mais frequência em solos de cerrado com vegetação nativa, tanto com culturas anuais quanto em perenes, embora em cerrado estivesse presente com abundâncias inferiores às áreas cultivadas. (Gomes *et al.* 2003, Castro *et al.* 2008, Mattos *et al.* 2008). Ainda este fitonematoides além de aparecer com

frequência nas áreas cultivadas, bem como em altas populações em culturas anuais, não estão associados a grandes danos em culturas anuais (Tomazini *et al.* 2008).

2.2 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

O sistema de produção agropecuária predominante no Cerrado brasileiro entre as décadas de 1960 e 1970 predominava pecuária extensiva com limitação química dos solos. Assim, a implantação de culturas anuais era restrita e de difícil manejo. Já a partir de 1970 começaram os estudos para recuperação dos solos degradados do cerrado, com correção e implantação de milho e soja. Desta forma, as áreas com pastagens extensivas serviram de campo para as culturas anuais, bem como abertura de novas áreas para a agricultura. Na região do cerrado atualmente, soja, milho e carne correspondem a 60%, 30% e 70% respectivamente da produção brasileira, no entanto os solos estão em sua grande maioria com algum grau de degradação e nos casos de pastagens pode chegar em até 60% das áreas (Souza *et al.* 2017).

O SIPA se posiciona como alternativa para melhoria do ambiente produtivo. A busca pela implantação de diferentes modelos, produção grãos e carne em cultivo consorciado. A implantação de gramíneas em consórcio ou ainda como alternativa para rotação, além de proporcionar alta produção de matéria seca para cobertura de solo. Combinações com leguminosas contribui para a solução de problemas no uso dos recursos naturais, devido às funções biológicas e socioeconômicas que cumprem. Tanto as gramíneas quanto as leguminosas rotacionadas conforme já citadas utiliza-se de plantas antagonistas ou não hospedeiras diminuindo assim a reprodução dos fitonematoides, conseqüente redução da população (Silva 2001, Dias-Arieira *et al.* 2003).

Os SIPA estão em expansão no Cerrado brasileiro, sendo adotados na grande maioria por agricultores e em alguns casos entre pecuaristas, e este consiste na implantação de diferentes sistemas produtivos para produção de grãos. As diferentes culturas integradas possuem

sinergismo com relação ao tempo e espaço, proporcionando benefícios mútuos (Anghinoni *et al.* 2013). As técnicas do SIPA são determinadas da seguinte forma, após a retirada da cultura a forrageira se estabelece, sendo aproveitada para pastejo ou forragem a ser colhida e conservada, diversificando a atividade com a inserção da pecuária, proporcionando a otimização da área.

Com o SIPA busca-se através do uso de diferentes espécies vegetais o aumento da matéria seca, através da decomposição da palhada o teor de matéria orgânica no solo se elevará, em consequência disso ocorrerá interferência no ciclo de vida e desenvolvimento dos fitonematoides que são afetados pelos microrganismos antagônicos, como bactérias e fungos através da competição por espaço e alimento (Guzmán & Zapata 2010).

A cultura do milho em sua história tem seu plantio em vários países no mundo por se tratar de cultura do clima tropical, subtropical e temperado em altas altitudes. Na última safra no Brasil foram plantados 17 milhões de hectares, com produção média de 5.400 kg/ha (Conab 2019). A produção de milho no Brasil está voltada principalmente para o consumo interno como: fabricação de rações, consumo humano e industrial (Duarte 2011). O Brasil está em terceiro lugar em produção do cereal ficando atrás de Estados Unidos e China (Usda 2014).

O sistema integrado de produção visa estabelecer diversidade de plantas de diferentes espécies vegetais para promover aumento da biodiversidade, havendo assim controle natural de parasitas nocivos, pois o solo vai se tornando equilibrado naturalmente. O incremento da microfauna do solo faz com que haja controle natural, em razão de alguns fungos e bactérias serem antagonistas de fitonematoides (Dong *et al.* 2013).

Ao longo dos anos iniciou a busca por alternativas que pudessem ser associadas a rentabilidade na safrinha e que pudesse contribuir para o aumento dos microrganismos do solo, ou seja, com o aumento da cobertura vegetal para proteção do solo. Desta forma, na década de 1990 iniciou estudos mais aprofundados sobre o sistema de ILP através dos sistemas Barreirão e Santa Fé (Kluthcouski *et al.* 2003).

Entre as plantas de potencial econômico, o milho tem se destacado em sua utilização para rotação e/ou sucessão com a soja e o feijão, porém sempre observando a redução do nematoide de cisto *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 e o nematoide *Rotylenchulus reniformis*, Linford e Oliveira, 1940. Por outro lado, em diversas áreas com cultivo de milho, houve aumento populacional do fitonematoide do gênero *Pratylenchus* (Singh *et al.* 2013). Os danos causados por este fitonematoide no Brasil chegam a 20% de perda na produtividade de milho (Inomoto *et al.* 2011). Ainda alguns híbridos de milho apresentam resultados quanto à resistência a *Pratylenchus*, apesar de poucos materiais comerciais avaliados, observa-se que materiais com alto potencial produtivo tendem a multiplicar este fitonematoide (Inomoto 2011).

A cultura do milho como hospedeira favorável para fitonematoides do gênero *Pratylenchus* quando associado a *Urochloa* tende a aumentar a população quando comparada com o controle que é o plantio de milho solteiro da forrageira, isso se deve pela grande disponibilidade de alimentos disponíveis na área para este fitonematoide, por outro lado também haverá incremento de matéria orgânica que servirá de alimentos para os microrganismos antagônicos, assim a população ficará em equilíbrio sem que haja grandes perdas econômicas a cultura (Debiase *et al.* 2016, Vendramini *et al.* 2012, Neves 2013).

Os fitonematoides do gênero *Pratylenchus* causam lesões no sistema radicular destruindo as células por terem hábito migrador, desta forma as raízes reduzem o volume e dificultam a absorção de água e nutrientes (Bisognin 2017, Dias *et al.* 2010). Os sintomas dos ataques destes fitonematoides são facilmente confundidos com algumas doenças, assim como deficiências nutricionais, além de ocasionarem abortamento de flores e amadurecimento precoce da planta, por estes motivos se dificulta o diagnóstico e posterior controle do patógeno que poderá levar a perdas de até 50% devido ao nível populacional (Dias *et al.* 2010). Os sintomas são observados em forma de reboleiras e não resistem a períodos de veranicos (Lopes *et al.* 2017). Foram

registradas perdas de até 80% devido ao ataque do fitonematóides do gênero *Pratylenchus* em áreas de produção de soja no Centro-Oeste do Brasil (Machado 2015).

2.3 FITONEMATOIDES EM SISTEMAS INTEGRADOS

Observa-se que os entraves na busca de altas produções tanto de milho quanto soja na região central do Brasil é a extrema disseminação dos fitonematóides que causam lesões radiculares do gênero *Pratylenchus* ocasionado pelo combinado monocultivo destas culturas (Dias *et al.* 2012). Os fungos fitopatogênicos estão entre os fatores que mais reduzem a produtividade das culturas agrícolas, claro que vai depender principalmente da severidade com que a doença venha a ocorrer, além da suscetibilidade das culturas anuais, os mesmos podem ocasionar perdas entre 10 a 90% na produção de milho e soja (Godoy *et al.* 2014).

Neste contexto o Sistema de Integrado de Produção se coloca com proposta que intercala em tempo e espaço os cultivos de diferentes espécies de grandes culturas com períodos de gramíneas para pastejo de animais (Dias-Arieira *et al.* 2009). Pode haver rotação/sucessão na mesma área no verão e/ou em verão e inverno, no caso do Centro-Oeste do Brasil, no período de águas e período de seca. Desta forma, pode-se observar menores problemas com fitonematóides, devido a utilização alternada de plantas antagônicas e/ou com graus baixo de suscetibilidade a multiplicação de alguns gêneros (Gardiano *et al.* 2014). Os menores problemas quanto a perdas de produtividade acontecem porque as plantas de diferentes espécies não servem de alimentos para os fitonematóides, além de haver incremento de matéria orgânica no solo há aumento da microbiologia, desta maneira diminui a população dos fitonematóides.

Algumas gramíneas foram usadas para testar potencial de controle de fitonematóides como *H. glycines*, *M. incognita* e *M. javanica* Goeldi, 1889. Algumas destas espécies forrageiras apresentaram resultados satisfatórios são elas: *Brachiaria bryzantha*, *B. decumbens* e *Andropogon gayanus* (Dias-Arieira *et al.* 2003). Rotação com crotalárias (*Crotalaria spectabilis*

ou *Crotalaria juncea* L.), milho e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.), são importantes por serem culturas antagônicas, porém não deixam muita palhada na área, já as culturas como: Crotalárias, estilosantes e mucunas são utilizadas também como fontes de nutrientes e de matéria orgânica em solos de cerrado com baixa fertilidade (Magalhães *et al.* 1991). Associações de culturas podem contribuir para a solução de problemas no uso dos recursos naturais, pelas funções biológicas e socioeconômicas que cumprem (Engel 1999).

Ao integrar um sistema bem planejado ele é capaz de reduzir o uso de agroquímicos através da quebra de ciclos (pragas, doenças e plantas daninhas) (Vilela *et al.* 2008). Porém, quando comparado com o plantio convencional, no sistema de plantio direto acontece dinâmica do nível populacional de *P. brachyurus* no solo, pela redução da exposição do nematoide a altas temperaturas, em virtude da grande quantidade de cobertura com palhada e pela maior disponibilidade de alimento, pois as plantas de cobertura podem hospedá-lo (Freire *et al.* 2018).

Muitos são os pontos positivos no sistema de SIPA e as condições do solo no que diz respeito aos atributos físicos, químicos e biológicos, por causa da incorporação de uma cultura de cobertura que visa aumentar a matéria orgânica (MO), o cultivo de soja em sucessão ao milho com uso de plantas para cobertura após a retirada das culturais anuais da área, minimizam os impactos negativos e melhoram as propriedades do solo (Rodrigues *et al.* 2018). Com o aumento expressivo da matéria orgânica no solo, que as gramíneas fazem muito bem pelo grande volume das raízes em profundidade, observa-se o desenvolvimento de microflora antagônica que propicia o controle biológico dos fitonematoídes (Goulart & Ferraz 2003).

Devido ao conjunto de características (abundância, diversidade taxonômica e trófica, entre outras) os nematoídes são considerados bioindicadores de alterações ocorridas nas condições do solo e na sustentabilidade, exemplo disso é a mudança do ecossistema natural por agroecossistemas (Yeates & Bongers 1999, Neher 2001, Cares 2006). Esta intervenção, do homem nos ecossistemas por meio da agricultura, fez com que espécies de nematoídes fossem

introduzidas nestas novas áreas, substituindo populações nativas. Foram favorecidas pelas novas condições ecológicas estabelecidas pelo cultivo contínuo da área, tornando-se fitopatógenos. Por outro lado, os nematoides associados com a vegetação nativa se adaptam as novas condições do solo cultivado, elevando mais a populações neste solo do que nos respectivos solos sob vegetação nativa pelas culturas que irão ser implantadas na área, pois as novas culturas servirão de alimentos e desta forma irão potencializar a reprodução de algumas espécies fitonematoides (Cares & Huang 2008).

Há diversidade de fitonematoides parasitas de plantas presentes na área tanto nativa quanto em áreas agrícolas, observa-se a possibilidade do uso desta nematofauna como indicadores de alterações ecológicas do solo (Cares & Huang 2008, Goulart 2009). Algumas atitudes de uso como: manejo sustentável e práticas conservacionistas na agricultura moderna aumentaram nos últimos anos, principalmente o uso de plantas de cobertura e o plantio direto, que mantêm resíduos e aumentam gradualmente a matéria orgânica do solo, melhorando a parte física, química e biológica do solo (Oka 2010, Karlen *et al.* 2013).

A flutuação das comunidades de nematoides quando comparadas com as áreas de floresta nativa e áreas cultivadas, são motivadas pela modificação das características físicas e químicas do solo (Stirling *et al.* 2010, Baquero *et al.* 2012). No entanto é preciso conhecer a diversidade e a abundância dos fitonematoides presentes para trabalhar estratégias de controle. Se os mesmos estiverem em desequilíbrio no solo, a cultura a ser implantada na área será afetada diretamente com perda de produtividade (Goulart 2002, Goulart 2005). Os fitonematoides ganharam importância em função de perdas em produtividade devido a destruição das raízes das plantas (Amorim *et al.* 2011). Assim, a cultura pode tolerar a presença de nematoides sem apresentar queda acentuada de produtividade (Oka *et al.* 2007).

Alguns autores relataram a eficiência da rotação com adubos verdes na diminuição da população de *P. brachyurus*. A mucuna, a crotalária e estilosantes apresentaram maior redução

na população do nematoide quando comparado ao controle (milho) (Vedoveto *et al.* 2013). Os adubos verdes, além de reduzir a população de nematoides, melhoram as condições físico-químicas e microbiológicas do solo (Fileti *et al.* 2011). A rotação de culturas e o plantio em consórcio ou plantio solteiros de plantas de cobertura e/ou adubos verdes têm trazido aumento expressivo de palhada no solo, assim há melhoramento do solo na parte química e física, desta forma traz aumento de produção na cultura a ser implantada posteriormente, culturas de valor agregado maior como: soja, milho, feijão ou até mesmo o trigo (Thierfelder *et al.* 2012, Thompson *et al.* 2012, Zotarelli *et al.* 2012).

Uma estratégia que contribui para a redução do poder de infecção dos fitopatógenos é o uso da palhada de milho e de *Urochloa* quando plantada em consórcio, devido a decomposição da palha e a mineralização da matéria orgânica fazendo com que haja aumento de microrganismos antagônicos (Dong *et al.* 2013). O que acontece é que há estímulo nas atividades biológicas dos agentes predadores dos fitonematoides, além de ocorrer competição por alimento entre eles (Oka 2010). As espécies *C. spectabilis* e *C. breviflora* já foram estudadas e apresentaram baixo fator de reprodução de acordo com (Inomoto 2008). O uso de plantas antagônicas e não hospedeiras de fitonematoides na rotação de culturas promovem redução na população neste sistema, além da maioria destas plantas servirem de adubo verde (Carneiro *et al.* 2006, Dias Arieira *et al.* 2009, Obici *et al.* 2011, Chiamolera *et al.* 2012, Santana *et al.* 2012, Gardiano *et al.* 2014). Por outro lado, é preciso conhecer as espécies, a população e o potencial de infecção bem como o potencial das culturas implementadas de reagir contra os fitonematoides (Santana *et al.* 2012, Gardiano *et al.* 2014).

A quantidade de pesquisas que avaliam o potencial de *Pratylenchus* como causador de danos em milho, ainda são poucas, prevalecendo ainda o conceito que a cultura, embora hospedeira favorável, apresenta alta tolerância ao nematoide (Inomoto 2011). Confirmando os resultados dessa pesquisa, que mesmo em altas populações nas raízes, os danos do nematoide

foram limitados, não causando queda de produtividade. O crescimento da ocorrência de *Pratylenchus* em alta densidade populacional no Brasil Central, vem ocorrendo de forma expressiva pelo aumento da área cultivada com milho imediatamente após a cultura da soja (milho safrinha), em sistema plantio direto.

Alguns estudos têm utilizado de mecanismos para comparar os biomas, tomando como base a vegetação nativa, monitorando a recuperação das áreas degradadas, efeitos do uso da terra, alterações sazonais e espaciais nos sistemas de cultivo, diferentes fatores edáficos, níveis de fertilidade solo (Mattos 1999, Inomoto 1995, Cares & Huang 2008, Silva 2008, Tomazini *et al.* 2008). Ainda se destaca o avanço das novas tecnologias de plantio bem como o uso de plantas de cobertura, ocasionou um incremento de palha no solo deixando-o sombreado e com baixa temperatura superficial, isso favorece o aumento da população de fitonematoides no solo por ficarem menos expostos as altas temperaturas, ainda pelo aumento da oferta de alimentos, assim os fitonematoides hospedeiros de plantas encontram alimento e se multiplicam (Freire *et al.* 2018).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Boa Esperança, localizada nas coordenadas geográficas: 16°26'31" de latitude Sul, 51°01'06" de longitude Oeste, altitude de 488 metros. A área da realização do trabalho foi de 37.500 m², dividida em 3 áreas iguais de 12.500 m², subdividida em 4 áreas (repetições) com medidas de 3.125 m² (Figura 1). Na imagem da área experimental o contorno da linha amarela é toda propriedade, o contorno de linha vermelha é a área experimental onde foram realizadas as coletas (Figura 1). Segundo sistema de meteorologia e hidrologia do estado de Goiás e pela Agência Nacional de Águas definiu-se que Iporá – GO tem variação média de temperatura entre 24°C a 25°C e índice pluviométrico médio de 1628 mm anuais (Souza 2013).



Figura 1. Imagem do Brasil com destaque para Goiás, Imagem de Goiás com destaque para o município de Iporá (esquerda) (Wikipédia, 2019). Imagem de satélite da área experimental (direita). (Google Earth, 2018).

Na primeira avaliação, os tratamentos foram em três diferentes locais de coleta, ou seja, Mata Nativa (mata), com a implantação do SIPA e área degradada sem a implantação do SIPA. As coletas de solo para identificação e quantificação foram realizadas em três épocas do ano, a primeira coleta foi realizada em setembro de 2017, a segunda realizada em setembro de 2018 e a terceira foi realizada em janeiro 2019.

Na segunda avaliação, o delineamento foi inteiramente ao acaso, com três tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram em três diferentes épocas de implantação do cultivo de

milho (09 de novembro de 2017, 29 de novembro de 2017 e 18 de dezembro de 2017). As coletas foram realizadas mensalmente entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019.

Utilizou-se na implantação dos cultivos de milho, o consócio tríplice (Milho, Guandu e Capim) com intuito de determinar a produção de grãos de milho e ou silagem, assim como recuperar a pastagem degradada presente na área. Semeou-se simultaneamente o milho híbrido cv. 'AG1051' consorciado com feijão guandu cv. 'Super N' e capim cv. BRS 'Tamani' na mesma operação.

A população de plantas/taxa de semeadura do tríplice consócio foi o seguinte 5 kg ha^{-1} de sementes puras viáveis (SPV) de capim cv. BRS 'Tamani', 19 sementes por metro linear de guandu, 4 sementes de milho por metro linear. O semeio foi realizado com 5 linhas espaçadas a 0,50 m entre linhas, das quais, 3 linhas foram de milho e 2 linhas de guandu, intercaladas. As sementes do capim foram distribuídas a lanço por fluxo contínuo na terceira caixa de sementes da semeadora, cobrindo a faixa de semeio das cinco linhas na operação de semeio.

Realizou-se a calagem com $1,8 \text{ ton ha}^{-1}$ de calcário e adubação com 4 ton ha^{-1} de cama de frango. Na adubação de base aplicou-se 200 kg ha^{-1} do adubo formulado 7-41-5 na base, e 200 kg ha^{-1} de ureia em cobertura, parcelada em duas operações nos estágios V2 e V4 do milho.

Logo após a semeadura do milho, iniciou-se as coletas das amostras para a quantificação dos fitonematoides. A coleta de solo foi realizada da seguinte forma: 5 amostras simples para compor uma amostra composta dentro da mesma parcela, após foi conduzida para a realização da análise em laboratório. A coleta de raiz nos meses de dezembro de 2017, janeiro de 2018, fevereiro de 2018 e março de 2018 foram amostras de raízes de milho, a partir do mês de abril de 2018 até janeiro de 2019 as amostras de raiz foram de capim, todas estas amostragens para quantificação e identificação dos fitonematoides foram realizadas mensalmente iniciando em dezembro de 2017 e finalizando em janeiro de 2019.

Foram coletadas ao todo 332 amostras, são 12 parcelas, e foram coletadas durante 14 meses, sendo 12 amostras de solo e 12 amostras de raízes. Nas coletas de solo, utilizou-se de trado holandês e cavadeira. As amostras de raiz foram coletadas com enxadão. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas para o transporte até o laboratório de Microbiologia e Fitopatologia do Instituto Federal Goiano – Campus Iporá, local onde foram conservadas refrigeradas, para posterior extração, análise e contagens.

Os dados obtidos referentes a população de fitonematoides foram correlacionados com dados meteorológicos e dados agrônomicos de produção. Os dados meteorológicos foram coletados na estação automática denominada Iporá-A028, código OMM: 86731, aberta em 24/06/2013, com localização latitude: -16.423059°, Longitude -51,148801° e com Altitude de 610 metros. Podendo ser observada a distribuição de chuvas bem como a variação de temperatura ao longo do período em que foram realizadas as coletas de acordo com o (Gráfico 1).

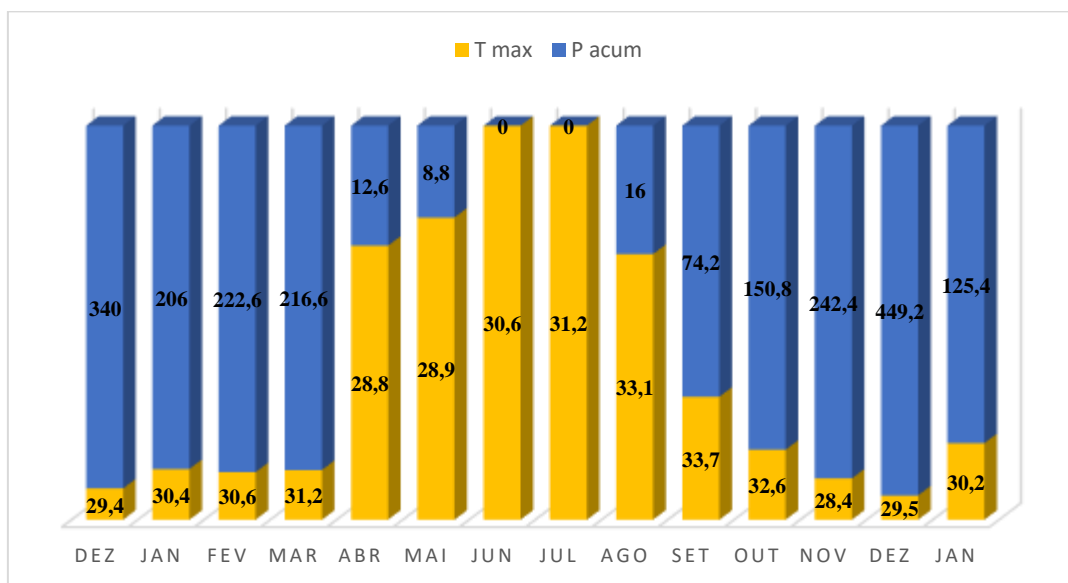


Figura 2. Dados de temperatura e precipitação acumulado entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019, no município de Iporá, GO.

Para determinação dos resultados agrônomicos foram realizadas amostragem da biomassa em matéria seca disponível no momento da colheita da silagem. Coletou-se 4 amostras de 2 m²

por piquete para determinar a produtividade e estratificação da biomassa. As amostras foram acondicionadas em estufa com temperatura de 65°C constante por 72 horas para determinação da matéria seca. O material coletado foi processado por tipo de forragem. Determinou-se a produtividade de grãos e produção de matéria seca estratificada por espécie utilizada no tríplice consórcio e total. Ainda se determinou o estande final de milho e guandu em 2 m².

Para estimar a produtividade de grãos de milho, adotou-se o índice de colheita de 44% proposto para o milho híbrido cv. “AG 1051 (Aguiar *et al.* 2003), calculado a partir do volume proporcional de matéria seca da planta colhida, a planta foi coletada ainda em fase de umidade mais elevada. Esta metodologia é fundamental para a estimativa de produtividade de grãos, antecipadamente a secagem por completo do milho. Foi realizada amostragem de solo nos meses de junho de 2017, agosto de 2018 e fevereiro de 2019 para determinar o teor de matéria orgânica do solo em gramas/cm³.

3.1 ANÁLISE DE NEMATOIDE

Para a extração dos nematoides nas amostras de solo, uma alíquota de 100 cm³ foi submetida à metodologia proposta por Jenkins (1964), e cada amostra de solo foi homogeneizada com água, em volume de 1 litro equivalendo de oito a dez vezes o volume de solo. Em seguida, filtrou-se o sobrenadante em duas peneiras acopladas, sendo a superior com porosidade de 20 *mesh* e a inferior com porosidade de 400 *mesh*. O conteúdo retido na peneira de 400 *mesh* foi lavado com água e recolhido em béquer, com auxílio de uma pisseta (Jenkins 1964).

O conteúdo do béquer foi acondicionado em tubos e levados para centrifugação, durante 5 minutos a 1.800 rpm. Após este processo, o sobrenadante foi descartado e adicionado solução de sacarose de densidade 1,15, levando novamente para a centrifuga, por um minuto, a 1.800 rpm. Verteu-se o sobrenadante em peneira de malha de 400 *mesh*, lavando-a em seguida com

água para eliminar resíduos da solução açucarada. Com auxílio de pisseta, recuperou-se o material retido na peneira em água e o transferiu para tubo de ensaio. O material final obtido foi examinado no microscópio estereoscópio.

As amostras de raiz, foram lavadas em água corrente e cortadas em pedaços de 2 cm a 3 cm, em seguida foram trituradas em liquidificador, contendo 250 ml de água por 30 segundos, metodologia proposta por (Coolen & D'Herde 1972). A solução produzida foi vertida em peneiras sobrepostas, de 100 *mesh* sobre 400 *mesh*. Recuperou-se o material retido na peneira 400 *mesh* (nematoides + resíduos vegetais), acondicionando-os em bécher. A solução recuperada foi submetida à centrifugação por 5 minutos a 1.800 rpm.

O sobrenadante foi descartado e adicionando a solução de sacarose de densidade 1,15, ao resíduo, retornando para a centrifuga deixando funcionar por um minuto a 1.800 rpm. Após este processo, verteu-se o sobrenadante por peneira 400 *mesh*, lavando-a com água para eliminar resíduos da solução açucarada, com auxílio de pisseta. Recuperou-se o material retido na peneira, transferindo-o com água para tubo de ensaio e de posse da amostra precedeu a identificação e a quantificação dos fitonematoides com auxílio de microscópio estereoscópio.

3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados de contagem de nematoides (raiz e solo) foram transformados a $\log(x+1)$ para diminuir o desvio da distribuição normal dos dados. Testes para determinar a presença de outliers, a homogeneidade de variâncias e a distribuição normal dos resíduos foram realizados antes da análise estatística e interpretação dos dados. As análises foram realizadas com o objetivo de identificar quais gêneros de fitonematoides estavam presentes na área, bem como a quantificação dos mesmos, comparando área que teve intervenção com área sem intervenção alguma (controle).

Avaliou-se a dinâmica destas populações existentes ao longo do tempo, nas diferentes épocas de semeadura dos consórcios e as possíveis correlações entre todas as variáveis fitotécnicas, populações e gêneros de fitonematoides, dados meteorológicos (umidade mínima, máxima e instantânea do ar, precipitação, temperatura mínima, máxima e instantânea). O efeito dos tratamentos e período de coleta (mês do ano) foram determinados por modelos mistos considerando tratamento e mês de coleta como efeitos fixos e o piquete como efeito aleatório. A análise de modelos mistos foi realizada usando o pacote lme4 (Bates *et al.*, 2011) do software R versão 2.13 (R Development Core Team, 2011). O efeito do tratamento (diferentes épocas de plantio) sob a população de nematóides foi determinado por análise de variância usando a função aov do software R versão 2.13 (R Development Core Team, 2011). Em ambos os casos, quando houve efeito de tratamento ($P < 0,05$), a comparação de médias foi realizada usando teste de Tukey.

Foram realizadas análises de correlação entre a população de nematoides e produtividade, bem como entre a população de nematoides e as variáveis climáticas. Para esta análise, foi utilizado o pacote Hmisc no software R. Foi realizada análise de regressão linear entre produtividade de matéria seca total e de cada componente em relação a população de nematoides, usando a função lm no software R. Foi testado também o efeito da população de nematoides sobre a população final de plantas de cada componente do consórcio. Após a análise de regressão, a normalidade dos resíduos, homogeneidade da variância residual e independência do erro foram avaliadas para determinar o melhor modelo. Todos os dados quantitativos (produtividade e população das culturas, variáveis meteorológicas e população de nematoides) foram submetidos a análise multivariada de componentes principais. Para esta análise foram utilizados os pacotes FactoMineR e factoextra do software R. Os gráficos foram gerados com o uso do pacote ggplot2 no mesmo software.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados três gêneros de fitonematoides na área: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* e *Criconemella*. Sendo que tanto em amostras de raiz quanto de solo, houve predomínio do gênero *Pratylenchus*. As áreas com intervenção (implantação do SIPA), sem intervenção (pastagem em degradação) e mata nativa não apresentaram diferença quanto a população de nenhum dos fitonematoides analisados (Tabela 1).

Tabela 1. População de fitonematoides avaliados em área de mata nativa, em área de pastagem com a implantação do sistema de integração de produção (SIPA) e em pastagem em degradação.

Ambientes	Épocas de coleta	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Criconemella</i>
Mata nativa	Setembro de 2017	0,02	0,52	0,24
	Setembro de 2018	0	0	0
	Janeiro de 2019	0,02	0	0
SIPA	Setembro de 2017 ¹	0,24	1,13	0
	Setembro de 2018 ²	0,046	0	0
	Janeiro de 2019 ³	0,106	0	0
Pastagem degradada	Setembro de 2017	0,48	0,08	0,72
	Setembro de 2018	0	0	0
	Janeiro de 2019	0	0	0

¹ – Avaliação realizada dois meses antes da implantação. ² – Avaliação realizada 10 meses após a implantação. ³ – Avaliação realizada 14 meses após a implantação.

O gênero *Helicotylenchus* foi observado tanto nas áreas cultivadas quanto nas áreas nativas (Tabela 1), podendo ser uma espécie que terá de ser monitorado nos próximos anos, mesmo não apresentando danos e não tendo referências que mostram danos precisará ter cuidado quando ao aumento de população. Segundo Tomazini (2008), as áreas que recebem influências de diferentes usos na agricultura têm aumento de *Helicotylenchus*. Outros autores demonstraram

presença de *Helicotylenchus* em solos com vegetação nativa e culturas anuais em áreas do cerrado (Gomes *et al.* 2003, Castro *et al.* 2008, Mattos *et al.* 2008).

O nematoide espiralado foi observado tanto nas áreas cultivadas quanto nas áreas nativas. O *Helicotylenchus* está sendo encontrado na grande maioria das regiões produtoras do estado de Goiás, que responde por grande parte da produção de milho a nível nacional (Mattos *et al.*, 2006), este fitonematoide foi encontrado em áreas de cultivo de café e tomate no estado de Goiás (Machado *et al.* 2019), desta maneira, futuramente, poderá ser uma espécie que terá de ser monitorado nos próximos anos, mesmo não apresentando danos e não se tendo referências que mostram danos, precisará ter cuidado quanto ao seu aumento populacional. Segundo Tomazini (2008), as áreas que recebem influências de diferentes usos na agricultura têm aumento de *Helicotylenchus*. Outros autores demonstraram presença de *Helicotylenchus* em solos com vegetação nativa e culturas anuais em áreas do cerrado (Gomes *et al.* 2003, Castro *et al.* 2008, Mattos *et al.* 2008).

As contagens dos fitonematoides, de ambos os gêneros encontrados não sofreram efeito, quando relacionados com a época de semeio do milho. A interação entre a época de semeadura do milho quando relacionado com a época de coleta, bem como com o ano de coleta, não teve diferença estatística para esta avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados das contagens de fitonematoides nas raízes realizadas mensalmente de dezembro de 2017 a janeiro 2019 em sistema integrado de produção de milho, guandu e tamani.

Raiz	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Criconemella</i>
Época de semeio	ns	ns	ns
Mês.ano	***	ns	ns
Época de semeio*Mês.ano	ns	ns	ns
Época de Semeio			
09/11/17	2,327 a	0,057 a	0,000 a
29/11/17	1,627 a	0,011 a	0,000 a
18/12/17	1,261 a	0,012 a	0,067 a
Mês.ano			
Dez 2017	0,856 c	0,000 a	0,000 a
Jan 2018	0,082 c	0,053 a	0,000 a
Fev 2018	0,378 c	0,000 a	0,000 a
Mar 2018	0,017 c	0,000 a	0,000 a
Abr 2018	0,384 c	0,264 a	0,000 a
Mai 2018	0,191 c	0,000 a	0,000 a
Jun 2018	0,000 c	0,000 a	0,000 a
Jul 2018	1,224 c	0,000 a	0,000 a
Ago 2018	1,855 c	0,000 a	0,000 a
Set 2018	2,505 c	0,000 a	0,240 a
Out 2018	7,303 a	0,000 a	0,073 a
Nov 2018	2,291 c	0,000 a	0,000 a
Dez 2018	2,154 c	0,000 a	0,000 a
Jan 2019	5,095 b	0,057 a	0,000 a

Ns: não significativo ($P>0,05$); *: $P<0,05$; **: $P<0,01$; ***: $P<0,001$. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Scott Knott ($P<0,05$).

O mês de coleta foi significativo somente para a população de *Pratylenchus*. Os meses de setembro e outubro de 2018 no Centro-Oeste brasileiro são meses marcados pelo aumento da temperatura e início das chuvas, desta forma, verifica-se o aumento da disponibilidade de alimentos, que pode estar favorecendo este fitonematoide que tem característica de polifagia, e são meses que apresentaram aumento significativo na população, podendo ser relacionado com o aumento na média das temperaturas, além de coincidir com o início do período chuvoso (McDonald & Berg 1993). A temperatura ideal para sua reprodução varia entre 15 e 30°C, e seu ciclo de ovo a ovo varia de 2 a 4 semanas (Freitas et al. 2014).

Observa-se o mês de janeiro de 2019, que apresentou população elevada deste gênero, motivado pelo nível de umidade no solo e disponibilidade de alimentos (Figura 3).

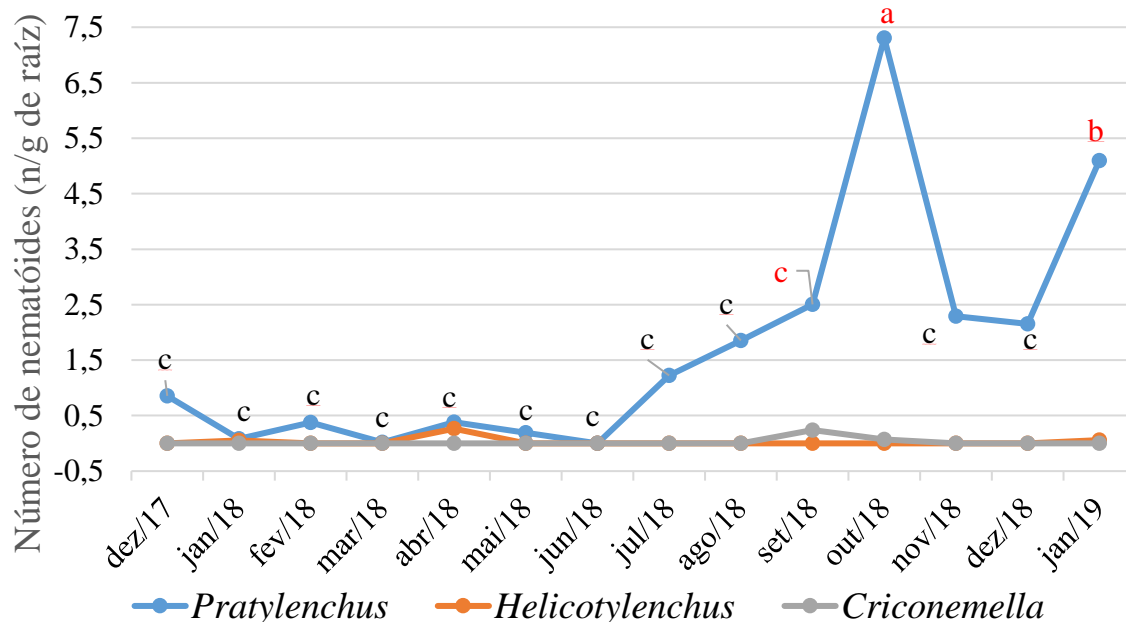


Figura 3. População de fitonematóides encontrados nas amostras de raízes entre o período de dezembro de 2017 a janeiro de 2019. Iporá, 2019.

Portanto, ao final do período da avaliação, observou-se maior população de *Pratylenchus* nematóides este que tem capacidade de se alimentar das diferentes plantas encontradas na área. Relacionado com o aumento da disponibilidade de alimento e com a maior produção vegetal na área por causa do consórcio utilizado para a implantação do sistema integrado de produção em virtude da polifagia deste fitonematóides (Alves *et al.* 2011). Pela grande diversidade de plantas que o *Pratylenchus* se alimenta e se multiplica, estas plantas servem de alimento e são favorecidas pelas condições edáficas (Asmus & Ishimi 2009). Além da interação entre os organismos presentes no solo com este fitonematóides, com alto grau de polifagia (Moreira 2012).

Pôde-se observar que o aumento dos fitonematóides estão ligados diretamente com o aumento da temperatura, disponibilidade de alimentos e época do ano (Figura 4). A grande

maioria dos fitonematoides tem como faixa de temperatura ideal para sua reprodução entre 15 e 30°C, e podem tornar-se inativos e/ou levarem à morte pelo tempo de exposição com temperatura abaixo, que variam entre 5 a 15°C e temperatura muito alta próxima de 40°C (Freitas 2014). Os meses de setembro e outubro de 2018 tiveram aumento significativo no aumento da população (Tabela 2). Esses meses correspondem ao aumento da temperatura ambiente que teve relação significativa com a população deste nematoide (Figura 2)

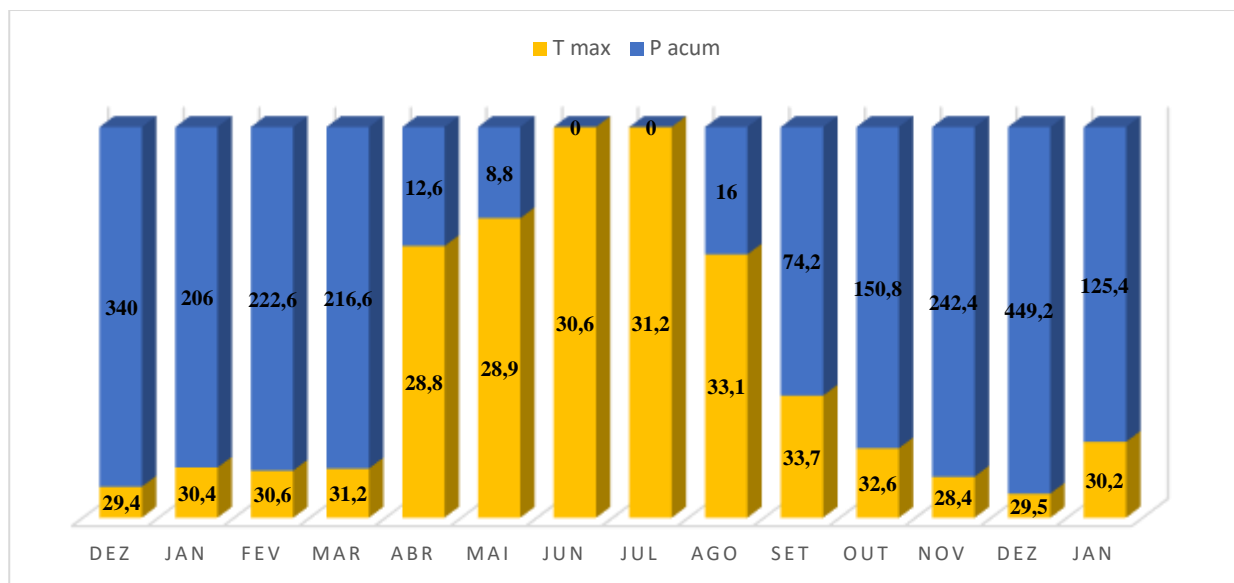


Figura 4. Médias de temperatura e precipitação acumuladas entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019 no município de Iporá.

Pratylenchus tem a cultura do milho como hospedeira favorável bem como as forrageiras utilizadas no uso em consórcio em SIPA (Debiase *et al.* 2016). A palhada que este consórcio deixa na área é bem expressiva, a mesma se transformará em matéria orgânica. Esta pode aumentar a diversidade de microrganismos no solo, que além de entrarem em competição por alimento também se alimentam destes fitopatógenos, desta forma podem manter a população de fitonematoides em equilíbrio no solo (Dong *et al.* 2013).

Os gêneros *Helicotylenchus* e *Criconemella* não apresentaram diferença na população ao longo do tempo de avaliação. Lownsbery (1961) observou que houve aumento de população de *Criconemella* em 30 vezes sobre a população inicial quando a temperatura ficou próxima de 26°C. Com relação aos resultados obtidos das contagens de nematoides no solo, observou-se

que não houve efeito significativo de tratamento, mês do ano e da respectiva interação (Tabela 3) para nenhum dos gêneros de fitonematoides estudados. Porém, quando há o *Pratylenchus* no solo em relação aos fatores climatológicos, observa-se correlação positiva para precipitação acumulada. No mês de dezembro de 2017 e 2018 foram os períodos de maiores contagens deste fitonematoide, podendo estar relacionado com a facilidade de deslocamento pelo filme de água pelo seu hábito migrador, na busca por alimentos, por ser um nematoide com alto grau de ingestão de alimentos (Ferraz 2006).

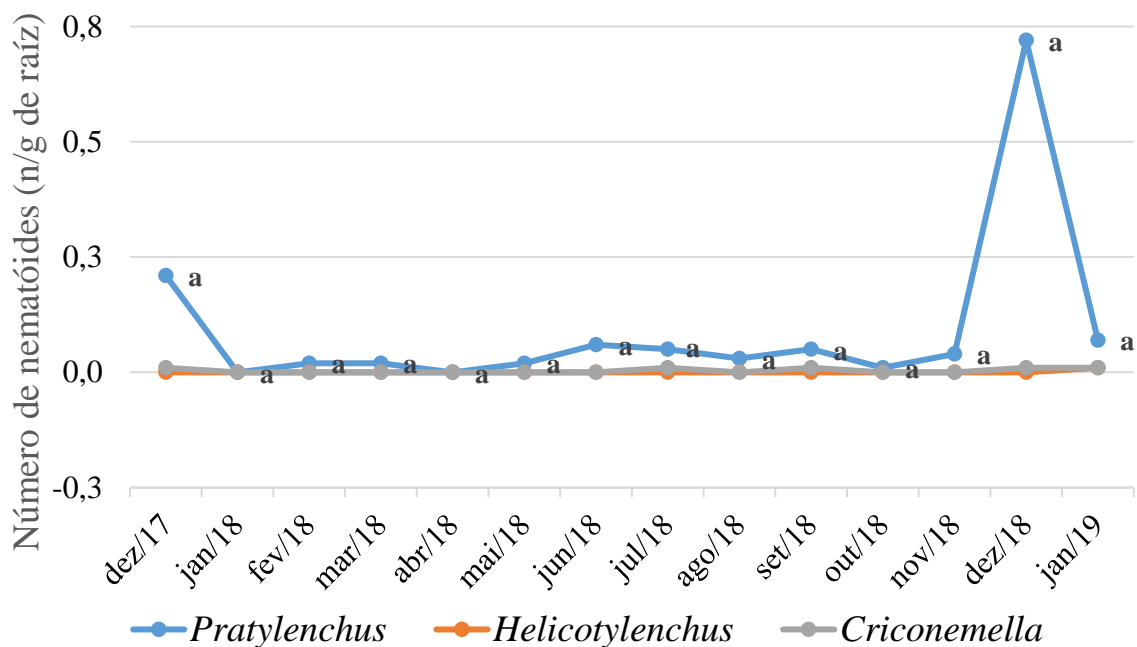


Figura 5. Resultado dos Fitonematoides encontrados nas amostras de solo coletadas entre o período de dezembro de 2017 a janeiro de 2019 no município de Iporá, 2019.

Pode-se observar que não teve relação significativa nos dados das amostras de solo para nenhum dos gêneros de fitonematoides encontrados (Tabela 3). A ausência de correlação entre a população na raiz e no solo para *Pratylenchus* reforça a observação de efeito do tempo sobre a população na raiz e a não observação desse efeito sobre a população no solo (Machado *et al.* 2000).

Tabela 3. Resultados das contagens de fitonematoides no solo realizadas mensalmente de dezembro de 2017 a janeiro 2019 em sistema integrado de produção de milho, guandu e tamani.

Solo	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Criconemella</i>
Época de semeio	ns	ns	ns
Mês.ano	ns	ns	ns
Tratamento*Mês.ano	ns	ns	ns
Época de semeio			
09/11/17	0,053 a	0,002 a	0,005 a
29/11/17	0,193 a	0,000 a	0,004 a
18/12/17	0,033 a	0,002 a	0,002 a
Mês.ano			
Dez 2017	0,214 a	0,000 a	0,013 a
Jan 2018	0,000 a	0,003 a	0,000 a
Fev 2018	0,016 a	0,005 a	0,000 a
Mar 2018	0,017 a	0,000 a	0,000 a
Abr 2018	0,000 a	0,000 a	0,000 a
Mai 2018	0,025 a	0,000 a	0,000 a
Jun 2018	0,058 a	0,000 a	0,000 a
Jul 2018	0,055 a	0,000 a	0,011 a
Ago 2018	0,033 a	0,000 a	0,000 a
Set 2018	0,053 a	0,000 a	0,011 a
Out 2018	0,008 a	0,000 a	0,000 a
Nov 2018	0,038 a	0,000 a	0,000 a
Dez 2018	0,718 a	0,000 a	0,008 a
Jan 2019	0,071 a	0,007 a	0,007 a

Ns: não significativo ($P>0,05$); *: $P<0,05$; **: $P<0,01$; ***: $P<0,001$. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa no teste de Tukey ($P<0,05$).

A produtividade de grãos de milho não sofreu influência da população de *Helicotylenchus* tanto em raízes quanto no solo, além de não afetar nenhuma das variáveis produtivas avaliadas. As populações encontradas desse fitonematoide foram muito baixas, mesmo sendo encontradas em diferentes áreas, podendo justificar a ausência de efeito (Ferraz 1980). *Helicotylenchus* não causa danos muito expressivos em culturas anuais, geralmente estão presentes em todos os tipos de solo (Tomazini *et al.* 2008). O *Helicotylenchus* está associado com as perdas de safra no milho, presente em áreas de cultivo de soja no Brasil, e, foram encontradas incidências crescentes da população no solo quando detectada, em plantas atrofiadas, porém, seus danos não tiveram quantificação (Machado 2014).

Criconemella não influenciou diretamente a produção de milho nem suas variáveis produtivas. Não há muitos estudos que mostram efeitos de prejuízos econômicos para esta

cultura (Lownsbery 1961). Por outro lado, este fitonematoide na raiz afetou negativamente a matéria seca total de capim, portanto, maior população de *Criconemella* na raiz de capim proporcionou produção menor de matéria seca e consequentemente, menor proporção de matéria seca de capim e maior proporção de guandu no total do consórcio triplo. A população de *Criconemella* no solo também afetou significativamente a matéria seca do capim e do guandu, a proporção de guandu na matéria seca total e a população de guandu. Os dados referentes ao *Pratylenchus* não foram significativos para a produção de milho, assim como nenhum dos índices fitotécnicos avaliados na cultura. Entretanto, a população de *Pratylenchus* na raiz afetou negativamente a matéria seca de guandu e a população, além de proporcionar a diminuição da proporção de matéria seca de guandu na matéria seca total (Figura 6.)

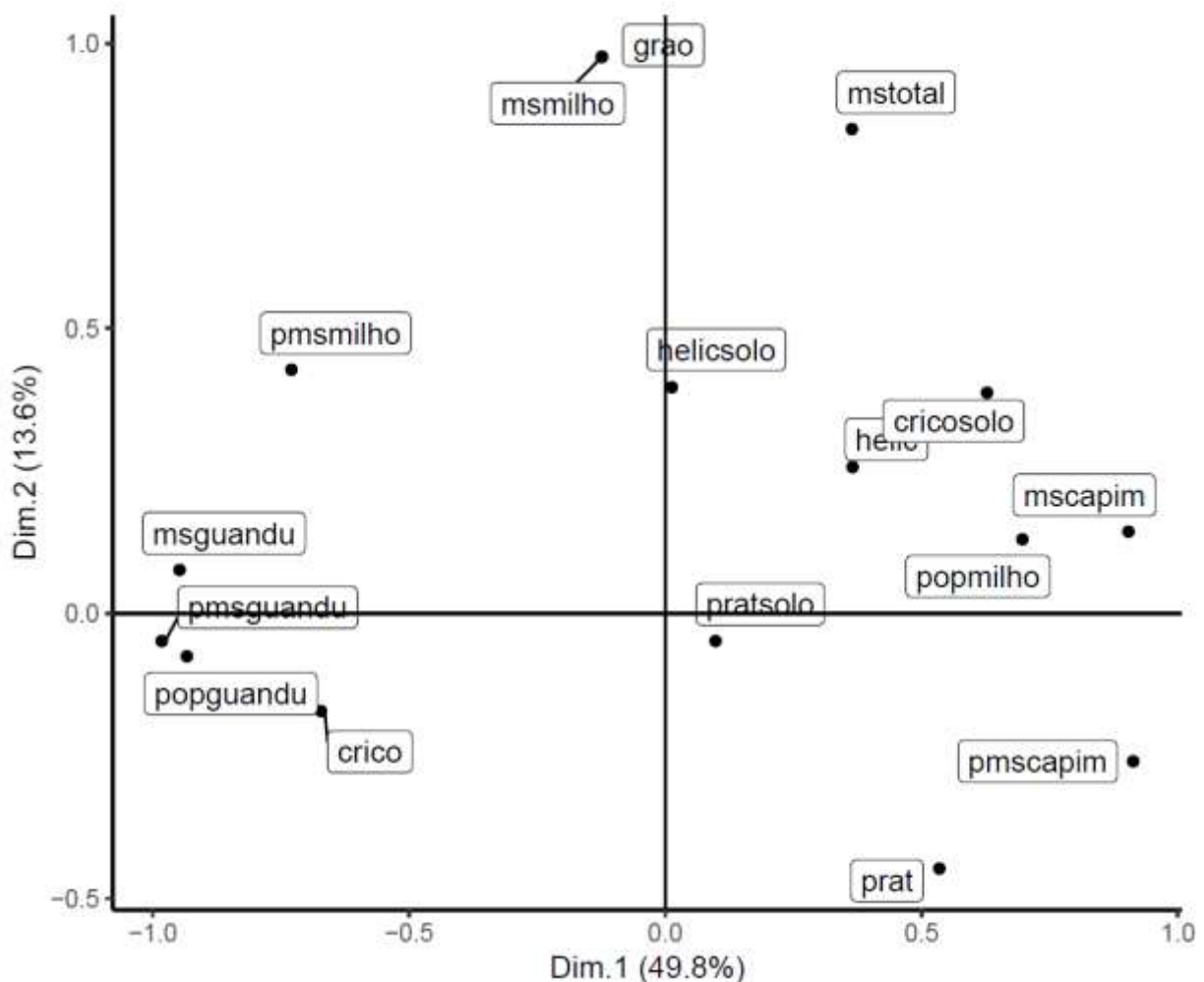


Figura 6. Análise de componentes principais de nematoide vs população e produtividade das culturas. Popguandu: população de guandu; Crico: *Criconemella* na raiz; Pmsguandu: proporção de guandu; Mmsguandu: matéria seca de guandu; Pmsmilho: proporção de matéria seca de milho; Msmilho: matéria

seca de milho; Grão: grão de milho; Mstotal: matéria seca total; Helicosolo: *Helicotylenchus* no solo; Helico: *Helicotylenchus* na raiz; Cricosolo: *Criconemella* no solo; Mscapim: Matéria seca de capim; Popmilho: População de milho; Pratsolo: *Pratylenchus* no solo; Prat: *Pratylenchus* na raiz; Pmscapim: Proporção de matéria seca de capim.

Observa-se que o consórcio triplo no SIPA pode ter beneficiado positivamente a cultura do milho, motivo pelo qual as diferenças não foram significativas para a produção de milho, sendo que a produção não foi afetada mesmo sendo a cultura do milho hospedeira favorável e multiplicadora de *Pratylenchus* (Debiase *et al.* 2016). O aumento significativo da área plantada de milho na sucessão com a cultura da soja, faz com que os fitonematoides migrem das raízes da soja para as raízes do milho, desta maneira, há multiplicação da população do *Pratylenchus* (Dias *et al.* 2012, Mainardi 2015). Porém o que se observa é que o *Pratylenchus*, o *Helicotylenchus* e o *Criconemella* foram encontrados mais nas raízes das plantas do sistema e menos no solo. Para a implantação do SIPA são utilizadas várias espécies de plantas, por sua vez estas plantas estão em potencial para serem parasitadas pelos fitonematoides, assim há grande multiplicação de sua população. Não se observa queda na produtividade do milho nem na matéria seca das outras plantas do consórcio, pois em condições de boa fertilidade de solo e o aumento da matéria orgânica (Tabela 4). No capim implantado na área, não foram avaliadas perdas e não foram apresentadas perdas de produção de matéria seca mesmo em altas populações do fitonematoide *Pratylenchus* (Dias-Arieira *et al.* 2009, Inomoto *et al.* 2007).

O gênero *Helicotylenchus* foi encontrado em uma parcela das amostras, porém não foram quantificadas perdas. Em alta infestação deste fitonematoide espera-se que haja redução de produtividade, da mesma maneira já relatada com o *Pratylenchus*. Ambos penetram nas raízes das plantas parasitadas causando lesões, causando perdas que são de grande potencial econômico para todos os sistemas de produção encontrados no Brasil, (Machado *et al.* 2019). Já a leguminosa utilizada que foi o feijão guandu, por sua vez, aparentemente, beneficiou a cultura do milho com relação aos fitonematoides por ser utilizado como planta antagônica para redução de *Pratylenchus* (Inomoto *et al.* 2006).

Tabela 4. Resultados das amostragens de solo referenciando a matéria orgânica (MO) em gramas/cm³ na área do experimento, realizadas em 2017, 2018 e 2019.

Teor de Matéria Orgânica (g/kg)		
Junho de 2017	Agosto de 2018	Fevereiro de 2019
12,00	12,00	20,00

No consórcio triplo (milho, guandu e tamani), o milho pode ser a cultura que mais beneficiada, porque os fitonematoides podem parasitar também as culturas, diminuindo assim a perda de produtividade pelo ataque de *Pratylenchus*. Desta maneira há redução nas perdas econômicas da cultura. No Brasil as perdas para a cultura do milho pelo ataque deste fitonematoide chega a 20% (Inomoto *et al.* 2011). Os fitonematoides estão entre fatores que reduzem a produtividade drasticamente, certo que depende de sua severidade, porém podem ser responsáveis por perdas que variam entre 10% a 90% no milho e soja (Godoy *et al.* 2014).

As populações de fitonematoides quantificadas na área não afetaram significativamente a produção de grãos de milho. A produção de biomassa dos demais componentes do consórcio (guandu e capim) foram significativas para a população de alguns fitonematoides. O aumento da população de *Criconemella* na raiz do capim proporcionou menor produção de biomassa. Em gramíneas, as ausências de técnicas de manejo para o controle de nematoides, propiciaram crescimento da população de *Criconemella* (Rosa *et al.* 2004), corroborando com os resultados obtidos. Por outro lado, com o aumento deste fitonematoide no solo, a matéria seca do capim teve tendência de aumento. É possível que *Criconemella* na raiz prejudica o capim diretamente, enquanto a população no solo não seja bom indicativo do efeito sobre a planta forrageira. A população de *Criconemella* teve regressão negativa com a proporção de matéria seca de capim na matéria seca total. A proporção de guandu na matéria seca total aumentou com maior população de *Criconemella* na raiz. É possível que *Criconemella* na raiz afetem diretamente o capim, prejudicando o seu desenvolvimento, beneficiando indiretamente o guandu na competição que ocorre no consórcio triplo e aumentando sua proporção na matéria seca total.

A matéria seca do guandu teve leve queda de acordo com o aumento do *Criconemella* no solo e de *Pratylenchus* na raiz. Da mesma forma, ambos os fitonematoides afetam a população de guandu negativamente. Em consequência, *Criconemella* no solo está relacionado com a redução da proporção de guandu na matéria seca total do consórcio triplo. No entanto, vários estudos têm mostrado que o feijão de veludo anão tem reagido de diferentes maneiras aos fitonematoides. (Santana *et al.* 2012). A relação do guandu e do capim está diretamente proporcional, quando diminui a matéria seca de um componente aumenta a do outro, por outro lado os resultados demonstram a possibilidade de quanto maior a população de guandu menor será a população de *Pratylenchus*, talvez motivado pelo efeito antagônico, porém para confirmar esta hipótese deve-se realizar pesquisas específicas.

A primeira dimensão da análise de componentes principais (PCA) utilizando os dados de população de nematoides de variáveis produtivas do consórcio triplo explicou 49,8% da variação dos dados (Figura 6). Este componente demonstra que a proporção de milho na matéria seca total está no mesmo grupo de variáveis relacionadas ao guandu (matéria seca, população e proporção de guandu na matéria seca total) associada a população de *Criconemella* na raiz e a proporção de milho na matéria seca total. Em posição oposta a estas, observa-se um conjunto de variáveis relacionadas a produção do capim (matéria seca e proporção na MS total), a população de milho e população de *Criconemella* no solo e de *Pratylenchus* e *Helicotylenchus* na raiz. Isso demonstra que esses dois conjuntos de variáveis se relacionam de maneira inversamente proporcional, quando um conjunto aumenta, o outro diminui. Por exemplo, *Criconemella* na raiz afeta negativamente a produção do capim, conforme também observado nas análises de regressão e correlação, e, conseqüentemente, a produção de matéria seca de guandu aumenta pela menor competição do capim no local.

No caso da população de *Pratylenchus* na raiz, observa-se efeito negativo sobre a produção e população de guandu, que também foi identificado nas análises de regressão e

correlação. Por consequência, maior população desse fitonematoide está relacionada com maior produção de matéria seca de capim, devido a menor competição do guandu com o capim no local.

Na análise da segunda dimensão da PCA (Figura 6), observa-se a população de *Pratylenchus* em um extremo e a produção de grãos de milho, matéria seca de milho e matéria seca total em outro extremo. Este resultado sugere relação negativa entre a população de *Pratylenchus* e produção do milho, indicando efeito negativo do fitonematoide sobre a cultura. No entanto, este efeito não foi observado nas análises de regressão e correlação. A análise em conjunto dos dois componentes da PCA demonstra que a produção do milho (tanto grãos quanto matéria seca) não foi afetada pela população e produção do capim e do guandu, indicando que o milho não está sendo prejudicado pela competição com as outras espécies incluídas no consórcio.

Observou-se que o consórcio triplo além de beneficiar a cultura do milho que foi o foco do trabalho, o consórcio beneficiou o solo e assim automaticamente há controle biológico dos fitonematoides pelo aumento dos microrganismos antagônicos aos fitonematoides, deixando o solo em equilíbrio, a mineralização da matéria orgânica é a parte que mais contribui para este fim. SIPA com consórcio de leguminosas e forrageiras pode ser alternativa interessante para manter em equilíbrio o solo no que tange aos fitonematoides, além de diminuir os danos na produção causados pelos mesmos, que afetará economicamente as culturas anuais implantadas pelos produtores rurais.

A primeira dimensão indica forte competição entre capim e guandu (quando um aumento, o outro diminui e vice-versa). Ainda, analisando todos os resultados em conjunto, observa-se que o *Pratylenchus* prejudica o desenvolvimento do guandu e o *Criconemella* prejudica o capim, entretanto, o milho não foi influenciado por estes fitonematoides. A cultura do milho mesmo sendo hospedeira favorável ao *Pratylenchus* não demonstrou diferença em sua produtividade

(Inomoto 2011). Observou-se relações significativas entre a população de *Pratylenchus* na raiz e a temperatura ambiente (média, mínima e máxima), bem como entre *Pratylenchus* no solo e a precipitação acumulada (Figura 7).

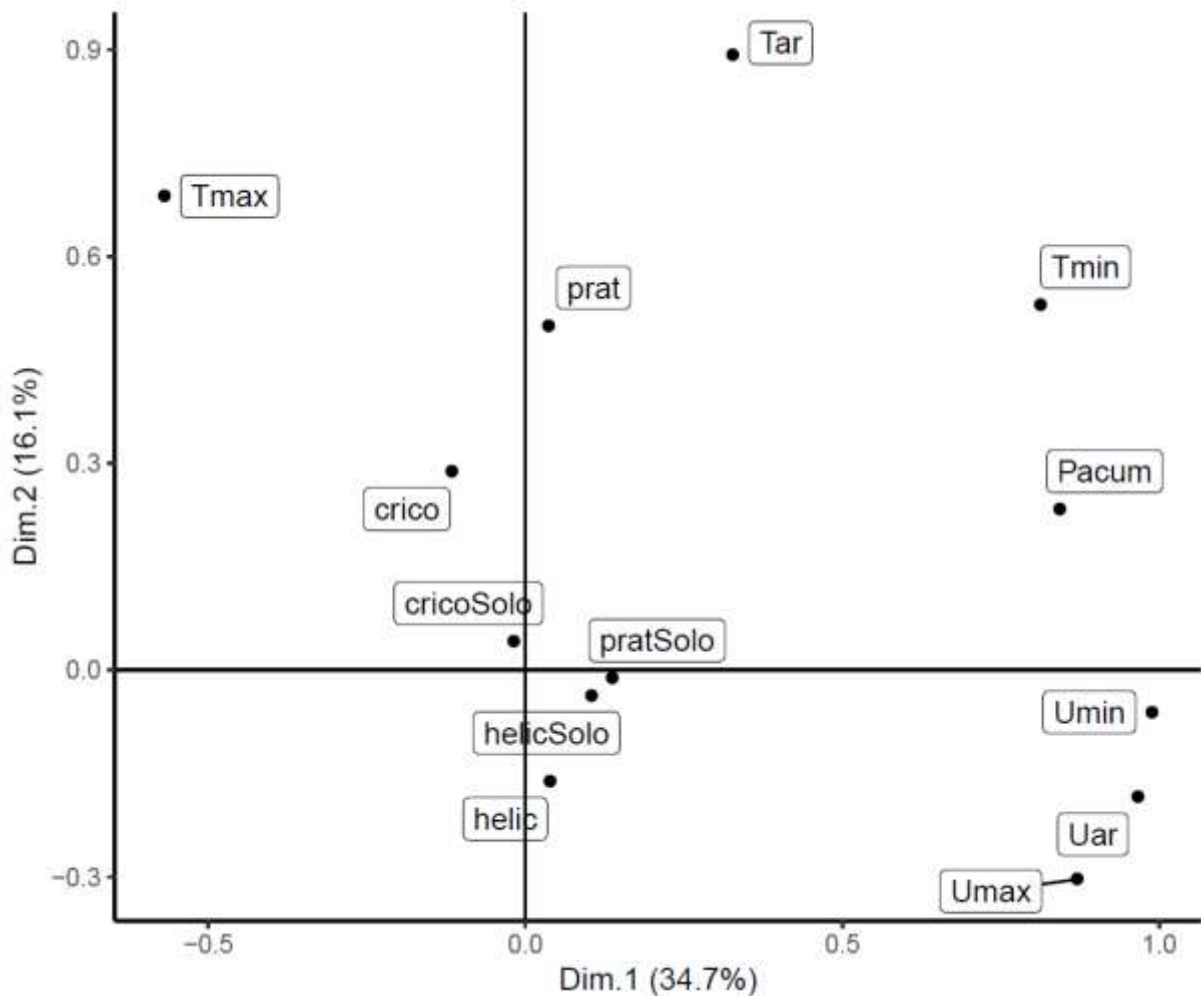


Figura 7. Análise de componentes principais de população de nematoide e variáveis meteorológicas. Tmax: Temperatura máxima; Crico: *Criconemella* na raiz; Cricosolo: *Criconemella* no solo; Tar: Temperatura do ar; Prat: *Pratylenchus* na Raiz; Tmin: Temperatura mínima; Pacum: Precipitação acumulada; Pratsolo: *Pratylenchus* no solo; Helicosolo: *Helicotylenchus* no solo; Helico: *Helicotylenchus* na Raiz; Umin: Umidade mínima; Uar: Umidade do ar; Umax: Umidade Máxima.

Quanto maior a precipitação acumulada maior a população deste fitonematoide. A umidade está relacionada diretamente com a viabilidade do fitonematoides do gênero *Pratylenchus*. Relato feito por McDonald & Berg (1993), que avaliaram diferentes regimes de irrigação sobre as injúrias de *P. zaeae* e *P. brachyurus* na cultura do milho, observando que o aumento populacional de fitonematoides estava diretamente ligado ao aumento de umidade no

solo. Por outro lado, quando observado a variação entre a temperatura mínima e a temperatura máxima que varia entre 15 a 30°, observa-se que esta variação está diretamente ligada ao aumento da população de *Pratylenchus* por causa do ambiente climatológico favorável a reprodução deste fitonematoides (Freitas et al. 2014). Quando analisada a relação de temperatura máxima observa-se um modelo significativo não somente para *Pratylenchus*, mas também o *Criconemella*, ambos na raiz, portanto quanto aumenta a temperatura aumenta o número de *Pratylenchus* na raiz. Por outro lado, os meses de temperaturas mínimas baixas verifica-se que a população se mantém em equilíbrio e até em leve diminuição. Ainda foi observado que a umidade relativa não influencia muito na dinâmica populacional do *Pratylenchus*, assim como também não influenciou no *Criconemella*, porém teve leve influência no *Helicotylenchus*. Porém, teria que se realizar novas avaliações, ao passar dos anos, para verificar esta significância.

5. CONCLUSÃO

O experimento foi o primeiro relato, na região, quantificando a dinâmica populacional de fitonematoides nas condições estabelecidas para a avaliação da produção de milho. As épocas de semeio não interferiram nas populações de fitonematoides, nas condições experimentais avaliadas.

As populações dos fitonematoides do gênero *Criconemella* e do *Helicotylenchus* não sofreram influência em sua população nem por épocas de coleta e nem por épocas de semeio. Porém o *Pratylenchus* foi influenciado pela época de coleta relacionado com o índice de precipitação acumulada. Ao final de todas as avaliações observou-se que o *Pratylenchus*, de modo geral, foi o que mais aumentou a sua população motivado pela grande disponibilidade de alimentos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, A.C.F., Moura, E.G. 2003.** Crescimento e Produtividade de duas cultivares de milho de alta qualidade proteica em solo de baixa fertilidade. Campinas, São Paulo, v.62, n.3, p. 429-435.
- Asmus, G.L., Ishimi, C.M. 2009.** Flutuação populacional de *Rotylenchulus reniformis* em Solo cultivado com algodoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 1, p.51-57.
- Andrade, E.P., Huang, S.P., Miranda, C.H.B. 2004.** Comunidade de nematoides em oito sistemas de uso da terra em Mato Grosso do Sul. Fitopatologia Brasileira, v. 29, p. 186, 2004.
- Amorim, L., Rezende, J.A.M. & Bergamin Filho, A. 2011.** Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos. 4ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.1, 704p.
- Balbino, L.C., Barcellos, A.O., Stone, L.F. 2011.** (Ed.). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: Embrapa.130p
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. 2011.** lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes.
- Bisognin, A.C. 2017.** Caracterização morfológica e agressividade de populações de *Pratylenchus* spp. Provenientes de cana-de-açúcar e manejo de fitonematoides na cultura pelo emprego de rizobactérias.
- Cares, J.E., Huang, S.P.** Soilnematodes. In:Moreira, F. M. S.; method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent, State Nematology and Entomology Research Station. 77p. 2008.
- Carneiro, R.G., Mônaco, A.C.C., Lima, K.C., Nakamura, M.P., Moritz, A. Sherer, And D. C. Santiago. 2006.** Reação de gramineas a *Meloidogyneincognita*, a *M paranaensis* e a *M. javanica*. Nematologia Brasileira 30: 287-291.
- Castro, J.M.C., Campos, V.P., Pozza, E.A., Naves, R.L., Junior, W.C.A., Dutra, M.R., Coimbra, J. L.; Maximiano, C. & Silva, J. R. C. 2008.** Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas Gerais. Nematologia Brasileira, Piracicaba 32(1): 56-64.
- Chiamolera, F.M., C.R. Dias-Arieira, E. R., Souto, F.B, T.P.L. Cunha, S.M., Santana. & H.H. Puerari. 2012.** Suscetibilidade de culturas de inverno a *Pratylenchusbrachyuruse* atividade sobre a população donematóide na cultura do milho. Nematropica 42: 267-275.
- Costa RV da, Casela CR, Cota LV (2009)** Sistemas de Produção, 2 ISSN 1679-012X 5ª edição. In:http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/index.htm.
- Cobucci, T., Wruch, F.J., Kluthcouski, J. 2007.** Opções deintegração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos.Informe Agropecuário, v.28, n.240, p.25-42.

Conab – Companhia Nacional de abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – V. 6 – Safra 2018/19 – N. 7 – Sétimo levantamento: Abril 2019.

Dias-Arieira, C.R., S. Ferraz, E.H. Misobutsi & L.G. Freitas. 2003. Eficiência de gramíneas forrageiras no controle de *Heteroderaglycines* e de populações compostas por *H. glycines* - *Meloidogyne* spp. *SummaPhytopathologica*, 29 (1): 7-11.

Dias, W.P., Garcia, J.F.V., Silva, & G.E.S. Carneiro. 2010. Nematoides em soja: identificação e controle. Londrina – PR, Embrapa Soja, 8p.

Dias, W.P., Debiasi, H., Franchini J.C. 2012. Manejo cultural e genético do nematoide das lesões radiculares em soja. In: 6º Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá – MT. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: Anais, Brasília – DF. Embrapa 5 p. 1.

Dias-Arieira, C.R., S. Ferraz, & R. C. F. Ribeiro. 2009. Reação de gramíneas forrageiras a *Pratylenchusbrachyurus*. *Nematologia Brasileira* 33: 90-93.

Diaz, E.E.C. 2015. Influência de factores edáficos sobre la diversidad y distribución espacial de nemátodos de vida libre. Trabajo de grado, programa de Biología y Química, Sincelejo Sucre, Universidad de Sucre. 98p.

Dong, Z., R. Hou, Q. Chen, Z. Ouyang, & F. Ge. 2013. Response of soil nematodes to elevated temperature in conventional and no-tillage cropland systems. *PlantsSoil* 373: 907-918.

Duarte, J.O. 2011. Importância econômica do milho. In: CRUZ, J. C. Cultivo do Milho.

Coolen, W.A., D'Herde, C.J. 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent, State Nematology and Entomology Research Station. 77p.

Engel, V.L. 1999. Introdução aos Sistemas Agroflorestais. Editora FEPAF, Botucatu (SP), 1999. 70 p.

Eisenback, J.D. 1998. Morphology and systematics. In: BARTELS, J. M. (Ed.). Plant and nematode interactions. Madison: ASA/CSSA/SSSA, p. 37-63.

Fileti, M.S., Signori, G., Barbieri, M., Giroto, M., Felipe, A.L.S., Junior, C.E.I., Silva, D.P., Epiphanyo, P.D. & Lima, F.C.C. 2011. Controle de nematoides utilizando adubos verdes. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia* 10:1-8p.

Ferraz, S. 1980. Reconhecimento das espécies de fitonematoides presentes nos solos do estado de Minas Gerais. *Experientia (Brasil)*, v.26, n.11, p.255-328.

Ferraz, L.C.C.B. 2006. O nematóide *Pratylenchusbrachyurus* e a soja sob plantio direto. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 96, p. 23-32.

Ferraz, S., Freitas, L.G. de, Lopes, E.A., Dias-Arieira, C.R. 2010. Manejo sustentável de Fitonematoides. Viçosa: Editora UFV. 306p.

Freire, E.S., Pedroso, L.A., Terra, W.C., da Silva, J.C.P., Marasca, I. & Campos, V.P. 2018. Manejo de fitonematoides no sistema de plantio direto. *Novos sistemas de Produção*.

Freitas, L.G., Oliveira, R. D.A. de L., Ferraz, S. 2014. Introdução a Nematologia. Departamento de Fitopatologia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. Minas Gerais. 8ª reimpressão. 92p.

Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; Campos, H. D.; Pimenta, C. B.; Cassetari Neto, D.; & Venancio, W. S. 2014. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugemasiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja: Londrina, n. 103, 7p.

Goulart, A.M.C. & Ferraz, L.C.C.B. 2003. Comunidades de nematóides em cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. *Nematologia Brasileira*, Brasília, v. 27, n.2, p. 123-128, 2003.

Goulart, A.M.C. 2010. Análise Nematológica: importância e princípios gerais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 44 p. Documentos 299.

Goulart, A.M.C. 2008. Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (Gênero *Pratylenchus*). Planaltina: Embrapa Cerrados, 30 p. Documentos 219.

Goulart, A.M.C. 2002. Diversidade de nematóides em áreas de vegetação nativa e cultivada em São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil. 151 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.

Goulart, A.M.C., Ferraz, L.C.C.B. 2005. Amostragem em estudo de biodiversidade de nematóides em cerrado preservado ou substituído por culturas agrícolas. *Fitopatologia Brasileira*, Supl., p. 163.

Gomes, G.S., Huang, S.P. & Cares, J.E. 2003. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira* 28: 258-266.

Gardiano, C.G., A.A. Krzyzanowski and O.J., G.A. Saab. 2014. Eficiência de espécies de adubos verdes sobre a população nematoide reniforme. *Semina: Ciências Agrárias* 35: 719-726.

Guzmán Piedrahita, O.A., & Castaño Zapata, J. 2010. Nematodos Agalladores en La Vega de Metztlán, Hidalgo, México: Identificación, Distribución especial y relación con factores edáficos. *Nematropica*, 38 (1), 47-61.

Hugot, J.P., Baujard, P. & Morand, S. 2001. Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. *Nematology*, 3: 199-208.

Inomoto, M.M.; Motta, L.C.C.; Beluti, D.B. M., Zamboni, A.C. 2006. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. *Nematologia Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 1, p. 39-44.

Inomoto, M.M., Machado, A.C.Z., Antedomênico, S.R. 2007. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 4, p. 341-344.

Inomoto, M.M. 2011. Avaliação de resistência de 12 híbridos de milho a *Pratylenchus brachyurus*. *Tropical Plant Pathology* 36: 308-312.

Inomoto, M.M., K. M. S. Siqueira & A.C.Z. Machado 2011. Sucessão de cultura sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. *Tropical PlantPathology* 36: 178-185.

Inomoto, M.M., Asmus, G.L. 2013. Manejo de nematoides em sistemas consorciados. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12. Dourados-MS. Estabilidade e produtividade: anais. Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Editado por: Germani Concenço, Gessi Ceccon.

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

Karlen, D.L., J. L. Kovar, C.A., Cambardella, & T.S. Colvin. 2013. Thirty-year tillage effects on crop yield and soil fertility indicators. *Soil&TillageResearch* 130: 926-932.

Kluthcouski, J., Adair, H. 2003. Implantação, Condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: **Kluthcouski, J., Stone, L.F., Adair, H.** (Eds) Integração Lavoura-Pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. P. 407-442.

Lopes, A.P.M., Cardoso, M.R., Puerari, H.H., Ferreira, J.C.A. & Dias-Arieira, C.R. 2017. Manejo de *Pratylenchusbrachyurus* em soja usando tratamento de sementes e indutor de Resistencia. *Nematropica*, 47(1), 1-7.

Lownsbery, B.F. 1961. Factors affecting population levels of *Criconemoidesxenoplax*. *Phytopathology* 51:101-103.

Machado A.C.Z. 2014. Ameaças atuais dos nematóides à agricultura brasileira. *Agricultural atual. Sci. e Technol* ; 20: 26–35.

Machado, A.C.Z., Amaro, P.M, Silva, S.A.D 2019. Two novel potential pathogens for soybean. *PLoS One*.

Machado, A.C.Z. 2015. Nematoides devastam lavouras de soja. *Revista campo e Negócios Grãos*. Disponível em www.revistacampoenegocios.com.br.

Mainardi, J.T., Asmus, G.L. 2015. Danos e potencial reprodutivo de *Pratylenchusbrachyurus* em cinco espécies vegetais. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, v. 2, n. 4, p. 38-47, out./dez. 2015.

Magalhães, J.C.A.J., R.F. Vieira, J. Pereira & J.R.R. Peres. 1991. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 15 (3): 329-337.

Macedo, M.C.M. 2009. Integração lavoura-pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, p.133-146.

Mattos J.K.A., Huang S.P., Pimentel C.M.R.M. 2006. Grupos tróficos da comunidade de nematoides do solo em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil central. *Nematol. Brasil*. 2006;30: 267–273.

- Mattos, J.K.A., Andrade, E.P., Teixeira, M.A., Castro, A.P.G. & Huang, S.P. 2008.** Gêneros-chaves de onze diferentes comunidades de nematoides do solo na região dos cerrados do Brasil central. *Nematologia Brasileira* 32(2): 142-149.
- Mattos, J.K.A. 1999.** Caracterização das comunidades de nematóides em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil central. Tese (doutorado em fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília 113.
- Maggenti, A. 1981.** General nematology. New York, NY: Springer Verlag. 372 p.
- Mc Donald, A.H., Berg, V.D. 1993.** Effect of watering regimen on injury to corn and grain sorghum by *Pratylenchus* species. *Journal of Nematology*, Hanover, v.25, n.4, p. 654-658.
- Moreira, F. (2012).** Manual de biologia do solo tropical. Instituto Nacional de Ecologia.
- Neher, D.A. 2001.** Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *J. Nematol.* 33, 161-168.
- Obici, L.V., C.R. Dias-Arieira, E.S., Klosowski, L.F., Fontana, T.P.L., Cunha, S.M. Santana & F. Biela. 2011.** Efeitos de plantas leguminosas sobre *Pratylenchus brachyurus* e *Helicotylenchus dihystra* em solos naturalmente infestados. *Nematropica* 41: 215-222.
- Oliveira, de P., Kluthcouski, J., Borghi, E., Cecon, G., Castro, G.S.A. 2015.** Atributos da brachiaria como condicionador de solos sob Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. *Embrapa Arroz e Feijão* 18: 333-353.
- Oka, Y., N. Shapira, & P. Fine. 2007.** Control of root-knot nematodes in organic farming systems by organic amendments and soil solarization. *Crop Protection* 26:1556–1565.
- Oka, Y. 2010.** Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments – A review. *Applied Soil Ecology* 44: 101-115.
- Ribeiro J.F., Walter B.M.T. 1998.** Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano SM, Almeida SP (Eds). *Cerrado: ambiente e flora*. Embrapa Cerrados – Planaltina - DF.
- Rodrigues, G.S., de Medeiros, R.D., Albuquerque, J.A.A., Smiderle, O.J., Alves, J.M.A. & da Silva, A.A. 2018.** Manejo químico de *Urochloaruziziensis* consorciado com soja na savana de Roraima. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 17(2), 581-1.
- Rosa, R.C.T., Moura, R.M., Pedrosa E.M.R., 2004.** Efeitos do uso de *Crotalaria juncea* e Carbofuran em fitonematoides ectoparasitos de cana-de-açúcar. *Fitopatologia brasileira*. Vol.29 n°4, Brasília.
- R Development Core Team. R. 2009:** a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Silva, J.F.V. 2001.** Resistência genética de soja a nematóides do gênero *Meloidogyne*. In: Ferraz, L. C. C. B.; Asmus, G. L.; Carneiro, R. G.; Mazzafera, P.; Silva, J. F. V. *Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja*. Londrina: Embrapa/CNPSO. p. 95-127.

Santana, S.M., C.R. Dias-Arieira, F., Biela, T.P.L. Cunha, F.M. Chiamolera, M. Roldi, & V.H.F. Abe. 2012. Plantas antagônicas no manejo de *Meloidogyne incognita*, em solo arenoso de área de cultivo de olerícolas. *Nematropica* 42:287-294.

Santana, S.M. 2012. Manejo de *Pratylenchus zeae* por plantas antagonistas, em solos de áreas de cultivo de cana – de - açúcar. *Nematropica*, v. 42, n. 1, p. 63 – 71.

Singh, S.K., M. Hodda, & G.J. Ash. 2013. Plant-parasitic nematodes of potential phytosanitary importance their main hosts and reported yield losses. *EPPO Bulletin* 43:334-374.

Silva, R.F., Aquino, A.M., Mercante, F.M. 2008. Macrofauna invertebrada do solo em Sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy*, V. 30, Supl., p. 725-731.

Souza, E. D., Souza. 2017. Avanços técnicos-científicos e perspectivas dos sistemas integrados de produção agropecuária no cerrado. Iº Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. Palestras Intensificação com sustentabilidade. Cascavel-PR, p.125 – 135.

Tomazini, M.D. Caracterização das comunidades de nematóides em mata nativa e em áreas contíguas submetidas a diferentes tipos de uso agrícola em Piracicaba (SP). Piracicaba, 2008. 67 f. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Tomazini, M.D., Ferraz, L.C.C.B. & Monteiro, A.R. 2008. Abundância e diversidade de nematóides em áreas contíguas de vegetação natural e submetidas a diferentes tipos de uso agrícola. *Nematologia Brasileira* 32(3): 185-193.

Thompson, J.P., J. Mackenzie, & G.H. Sheedy. 2012. Root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) reduces nutrient response, biomass and yield of wheat in sorghum-fallow-wheat cropping systems in a subtropical environment. *Field Crops Research* 137:126-140.

Thierfelder, C., S. Cheesman, L. Rusinamhodzi. 2012. A comparative analysis of conservation agriculture systems: Benefits and challenges of rotations and intercropping in Zimbabwe. *Field Crops Research* 137:237-250.

Usda. United States Department of Agriculture. Commodities and Products. 2014.

Vedoveto, M.V.V. 2013. Adubos verdes no manejo de *Pratylenchus brachyurus* em soja. *Nematropica*, Auburn, v.43, n.2, p.226-232, Disponível em: <<http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/82711>>.

Vilela, L., Martha Junior, G.B., Marchão, R.L., Guimarães Junior R., Barioni, L.G., Barcellos, A.O. 2008. Integração Lavoura-Pecuária. In: Faleiro, F.G.; Farias Neto, A.L. Eds. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.** Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.931-962.

Yeates, G.W., Bongers, T. 1999. Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 74, p. 113-135.

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, 315-331.

Yorinori, J.T., Charchar, M.J.D., Nasser, L.C.B. 1993. Doenças da soja e seu controle. In: *Cultura da Soja nos Cerrados*. Piracicaba: POTAFOS, p. 333-390.

Zotarelli, L., N.P. Zatorre, R.M., Boddey, S., Urquiaga, C.P. Jantalia, J.C., Franchini & B.J.R. Alves. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research* 132:185-195.