

RAUL RODRIGUES COUTINHO

**ESTUDO DAS COMUNIDADES DE NEMATOIDES COMO
BIOINDICADORES DE DISTÚRBO EM SISTEMAS
AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C871e
2014
Coutinho, Raul Rodrigues, 1987-
Estudo das comunidades de nematoides como
bioindicadores de distúrbios em sistemas agrícolas / Raul
Rodrigues Coutinho. – Viçosa, MG, 2014.
x, 68f. ; 29 cm.

Orientador: Leandro Grassi de Freitas.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Nematoides. 2. Bioindicadores. 3. Geoestatística.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Fitopatologia. Programa de Pós-graduação em Fitopatologia.
II. Título.

CDD 22. ed. 595.182

RAUL RODRIGUES COUTINHO

**ESTUDO DAS COMUNIDADES DE NEMATOIDES COMO
BIOINDICADORES DE DISTÚRBO EM SISTEMAS
AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Valéria de Oliveira Faleiro

Silamar Ferraz

Leandro Grassi de Freitas
(Orientador)

Aos meus exemplos de vida, **José Engrácio Moreira e
Maria Auxiliadora Soares Coutinho Moreira,**
por ser pleno Amor de Deus na minha vida.

À **Suzane Bhering,** pelo amor e carinho
que me sustentaram até aqui..

Aos meus irmãos **Bruno e Poliana,**
eternos amigos.

Dedico

**“Buscai em primeiro lugar o Reino de Deus e a sua justiça
e todas as coisas vos serão dadas em acréscimo.”
Mateus 6, 33.**

Agradecimentos

À Deus, por se fazer presença viva na minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitopatologia, que em parceria com a Embrapa-Agrossilvipastoril me concedeu a oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do projeto e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Ao Professor Leandro Grassi de Freitas pela orientação, confiança e amizade.

À Pesquisadora Dra. Valéria de Oliveira Faleiro, pela paciência, incentivo e apoio.

Ao Pesquisador Dr. Luciano Shozo Shiratsuchi pelo total suporte para realização do segundo capítulo deste trabalho.

À Professora Rosângela D'arc de Lima Oliveira que me estimulou juntamente com os estudantes do laboratório e o magnífico Elói na área de pesquisa enquanto graduando.

Aos meus pais, José e Maria Auxiliadora, por dedicarem suas vidas em função da minha. Amos vocês, muito obrigado.

À minha noiva Suzane, por sempre estar ao meu lado em todos os momentos, sendo o meu porto seguro e grande incentivadora para eu nunca desistisse.

Aos meus irmãos Bruno e Poliana que sempre se fizeram presente em tudo na minha vida.

A todos os familiares que nunca deixaram de torcer por mim. Obrigado pela confiança

A todos os amigos que abraçaram essa causa comigo e sempre foram suporte em minha vida.

Aos amigos do mestrado, pela paciência, amizade e confiança. Obrigado pela ajuda.

Aos amigos da BIONEMA, Guilherme, Fernanda, Deisy, Hugo, Elder, Leonardo, Érica, Rosana, Paula, Augusto e Thalita pelo carinho e incentivo em todos os dias que eu chegava triste no laboratório.

Agradeço a Silvia e o Fernando por me acolher em Sinop.

À Família RESGATE, pelas orações feitas em minha intenção para o sucesso deste trabalho. Deus os abençoe.

À todos funcionários do Departamento de Fitopatologia, principalmente a simpática Sueli que nunca mediu esforços para ajudar os alunos.

A todas as pessoas que de alguma forma me auxiliaram na condução deste trabalho. Obrigado.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
CAPITULO I: ESTUDO DAS COMUNIDADES DE NEMATOIDES COMO BIOINDICADORES DE DISTÚRPIO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
2 – Introdução.....	6
3.1 – Cerrado.....	8
3.2 – Sistemas Agrícolas.....	8
3.3- Indicadores de qualidade do solo na avaliação da implantação de novos sistemas	11
3.4 – Comunidades de Nematoides do solo	14
3.5 – Abundância e Diversidade de Nematoides no Cerrado e no Mundo.....	15
3.6 – Índices ecológicos na caracterização das comunidades de Nematoides.....	17
4– Material e Métodos.....	19
4.1- Localização, descrição e histórico da área	19
4.2- Coleta das Amostras para análise morfológica	21
4.3- Processamento das amostras para análise morfológica.....	21
4.4- Identificação e quantificação morfológica das comunidades de nematoides.....	21
4.5- Caracterização das comunidades de nematoides.....	22
5– Resultados	24
5.1- Abundância Total	24
5.2- Abundância Relativa.....	24
5.3- Diversidade, Equitabilidade e Riqueza	28
5.4- Distúrbio	31
5.5- Via de decomposição da matéria orgânica.....	32
6- Discussão	35
6.1- Abundância Total	35
6.2- Abundância Relativa.....	35
6.3- Diversidade, Equitabilidade e Riqueza	36
6.4- Distúrbio	38
6.5- Via prevalente de decomposição da matéria orgânica e dominância de nematoides que praticam herbivoria ou que se alimentam de microrganismos	40
7- Conclusões	40

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
CAPITULO II: GEOESTATÍSTICA COMO FERRAMENTA NA ANÁLISE DE NEMATOIDES.....	48
RESUMO	49
ABSTRACT	50
9- Introdução	51
10- Revisão de Literatura.....	52
10.1- Geoestatística e seu uso na fitopatologia	52
11- Material e Métodos	55
11.1- Localização, descrição e histórico da área	55
11.2- Coleta das Amostras para análise morfológica	55
11.3- Processamento das amostras para análise morfológica.....	55
11.4- Identificação e quantificação morfológica das dos nematoides	56
11.5- Equipamentos e Softwares utilizados	56
12- Resultados e Discussão	57
13- Conclusão.....	64
14- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
15- Conclusões Gerais	68

RESUMO

COUTINHO, Raul Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Estudo das comunidades de nematoides como bioindicadores de distúrbio em sistemas agrícolas.** Orientador: Leandro Grassi de Freitas.

Cerrado é considerado a última fronteira agrícola do país. Assim, necessita de implantar sistemas mais sustentáveis a fim de minimizar os danos no ambiente. Para avaliar sua sustentabilidade, existem vários tipos de indicadores, tais como: físicos, químicos e biológicos, neste último se encontra os nematoides. Dito isto, o objetivo desse trabalho foi utilizar nematoides como bioindicadores de distúrbio no estabelecimento do sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Um experimento de longa duração está sendo conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop-MT. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 10 tratamentos e 4 repetições. Áreas de mata e vegetação espontânea foram usadas como controle (ambientes estáveis). Os tratamentos foram: 1-Floresta (F); 2-Lavoura (L); 3-Pecuária (P); 4-Sistema Integração Lavoura-Pecuária (iLP); 5-Sistema Integração Pecuária-Lavoura (iPL); 6-Sistema Integração Lavoura-Floresta (iLF); 7-Sistema Integração Pecuária-Floresta (iPF); 8-Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF); 9-Sistema iLPF; 10-Sistema iLPF. Seis subamostras foram retiradas para cada amostra composta, e foram feitas duas amostras por parcela. Os nematoides foram extraídos e identificados. As comunidades de nematoides foram caracterizadas em função da abundância total e relativa, índice de diversidade e equitabilidade de Shannon-Weaver e Simpson, riqueza (D), índice de maturidade (IM), índice de maturidade modificado (IMm), índice de maturidade 2-5 (IM₂₋₅), índice de parasitas de plantas (IPP), padrão de decomposição da matéria orgânica e dominância de nematoides que praticam herbivoria ou que se alimentam de microrganismos. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% ($P < 0,05$) de significância a fim de se identificar os efeitos dos sistemas sobre a comunidade de nematoides. O grupo de nematoides parasita de plantas dominou nas duas épocas de coleta. Micófitos e Bacteriófitos foram reduzidos após a implantação dos sistemas. Predadores se apresentaram em maior número de gêneros na segunda coleta. Onívoros foram pouco alterados sobre a influência dos sistemas 5-PL, 9-iLPF e área de Mata. Os maiores índices de diversidade e equitabilidade de Shannon-Weaver foram encontrados nos sistemas 7-PF, 9-iLPF e área de vegetação espontânea. O sistema 9-iLPF foi o único que aumentou todos os índices de diversidade,

equitabilidade e riqueza, ao contrario dos sistemas 2-L e 4-LP. O menor valor de IM foi encontrado no sistema 2-L e os maiores valores nos sistemas 5-PL, 9-iLPF e área de vegetação espontânea. Os índices IM, IMm, IM2-5 e IPP indicaram as áreas de Mata e vegetação espontâneas como área de referência de ambientes estáveis. As medidas de diversidade e demais índices estudados mostraram o sistema 9-iLPF foi o sistema que gerou menor distúrbio no ambiente e o sistema 2-L foi o que causou maiores distúrbios. A geoestatística é uma metodologia para a análise de dados espacialmente correlacionados. O semivariograma é a ferramenta básica que dá suporte às técnicas de krigagem e baseado nas aplicações desta ferramenta, o objetivo do trabalho foi demonstrar a geoestatística como ferramenta para aperfeiçoar o número e distância ideais de amostragem para que se tenha uma análise representativa do nematoide na área em estudo. Para as análises foi utilizado o mesmo experimento e as mesmas amostras do primeiro capítulo deste trabalho, as quais foram georreferenciadas. Através da análise semivariográfica foi possível encontrar um ideal de amostragem para 5 nematoides dos 25 gêneros encontrados na área, são eles: *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* e *Tobrilus*. O semivariograma ajustado para o nematoide *Aphelenchoides* teve o modelo esférico ajustado aos dados, indicando um alcance (dependência espacial) de 43,11 metros entre amostras. Para os nematoides *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* e *Tobrilus* o modelo exponencial mostrou melhor ajuste indicando uma dependência espacial de 50,97; 51,44; 44,79 e 39,67 respectivamente. Esses valores indicam que, para se obter uma amostra representativa dos nematoides *Aphelenchoides*, *Acrobeles* e *Tobrilus* seriam necessárias duas amostragens compostas por hectare coletando a partir do alcance de uma amostra a outra. E para os nematoides *Ditylenchus* e *Tylenchus* seriam necessárias 3 amostragens a cada dois hectares. Não foi possível determinar a dependência espacial dos demais nematoides. De acordo com o trabalho é possível usar a geoestatística como ferramenta para definir número e distância ideal de amostragem para que se tenha uma análise representativa do nematoide na área.

ABSTRACT

COUTINHO, Raul Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. February, 2014. **Investigation of nematodes communities as disturbance bioindicators in agricultural systems.** Advisor: Leandro Grassi de Freitas.

The cerrado is considered the last agricultural frontier of the country. Therefore needs to implement more sustainable systems in order to minimize environmental damage. To assess its sustainability, there are several types of indicators, such as: physical, chemical and biological and nematodes communities. The aim of this study was to use nematodes as bioindicators of disturbance in establishment of the crop-livestock-forestry system integration. A long-term experiment has been conducting at Embrapa Agrossilvipastoril (Sinop-MT). The experimental design was a randomized block with 10 treatments and 4 replications. Forest Area and Natural Vegetation were considered as a treatment controls. The treatments were: 1-Forest (F); 2-Farming (F); 3-Livestock (L); 4- integration Crop-Livestock (CL); 5- integration Livestock-Farming (LF); 6- integration Crop-Forest (CF); 7- integration Livestock-Forest (LF); 8- integration Crop-Livestock-Forestry (iCLF); 9- integration Crop-Livestock-Forestry (iCLF); 10- Crop-Livestock-Forestry (iCLF). Six subsamples were taken for each composite sample, and two samples were taken per plot. The nematodes were extracted from soil and identified. The nematode communities were characterized as a function of the total and relative abundance, diversity index and evenness of Shannon-Weaver and Simpson, wealth (D), maturity index (MI), modified maturity index (mMI), maturity index 2-5 (IM₂₋₅), plant parasitic index (PPI), pattern of organic matter decomposition and dominance of nematodes practicing herbivory or feeding of microorganisms. The data were analyzed by ANOVA and means were separated using Tukey's test at the $P < 0.05$ significance level to identify the effects of these systems on the nematode community. The group of nematode plant parasite was dominating in both sampling. Mycophagous and Bacteriophages were reduced after the implementation of the systems. About the Predators group, they were in greater number of genres in the second collection. The 5-LF, 9-iCLPF systems and Forest Area had the smallest reducing of Omnivores nematodes population. The highest values of diversity index and the Shannon-Weaver evenness were found in 7-LF, 9-iCLF systems and Natural Vegetation. The 9- iCLF system increased all diversity indices. In addition to that, the 9-iLPF system enhanced evenness and richness parameters as well. Unlike the 2-F and 4-CL systems had decreased the same parameters analyzed. The lowest value of MI was found in 2-F

system. And the highest were found in the systems 5-LF, 9-iCLF system and Natural Vegetation. The IM, IMm, IM_{2.5} and IPP indices indicated Areas of Forest and Natural Vegetation as a environments stable reference areas. The measures of diversity and other indices studied showed the 9-iCLF system as a slightest disturbance in the environment. And the biggest values in the 2-F system. Another work about Geostatistic was made at this paper. Geostatistical analysis is a methodology for the analysis of spatially correlated data. The semivariogram is the basic tool that supports the kriging techniques. Before that, the objective of this paper was to demonstrate the geostatistics as a tool to improve the number and optimal sampling distance in order to have a representative analysis of nematodes in specifics areas. The sample collecting was made at the Experiment Area from Embrapa Agrossilvipastoril Sinop/MT. Nematodes which fitted in a semivariograma showed accurate information about distribution and spatial dependence. Through semivariogram analysis was possible to find an ideal sampling number for 5 nematodes genres (Aphelenchoides, Ditylenchus, Tylenchus, Acrobeles and Tobrilus) amongst the total genres found (25 genres). The semivariogram adjusted to nematode Aphelenchoides had the spherical model fitted to the data indicating a range of 43,11 meters. For DitylenchuS, Tylenchus, Acrobeles and Tobrilus the exponential model showed better fit, what indicated a spatial dependence of 50.97; 51.44; 44.79 and 39.67 meters, respectively. In order to get a good sampling, each sample must be collected using these range values between samples previously showed. These values indicated that, two composite samples per hectare using the range values are necessary to have a representative sampling of Aphelenchoides, Acrobeles and Tobrilus genres. About Ditylenchus and Tylenchus genres, 3 sampling would be needed per 4.942 acres. For the other genres, this paper was not able of finding any spatial dependence. According to this work, the geostatistics is an important tool for estimating the distance and optimal number of samples to evaluate nematodes populations in this area.

1- Introdução Geral

O Bioma Cerrado está presente em mais de dez Estados brasileiros, situando-se na região central da América do Sul (FERREIRA & TROPPEMAIR, 2004), sendo o segundo maior do país em área e um dos centros mundiais para conservação da biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000). A conversão das áreas naturais do bioma cerrado em campos agrícolas tem reduzido a ocorrência de muitas espécies, mesmo antes de conhecê-las (ALHO & MARTINS, 1995).

O uso intensivo dos solos no bioma cerrado pode gerar impactos na estrutura e atividade biológica do solo refletindo negativamente no meio ambiente (FIGUEIRA, 2008). Dessa forma, a fim de minimizar as ações negativas nesse ecossistema terrestre, tem-se implantado sistemas conservacionistas como, plantio direto com rotação/sucessão de culturas e integração lavoura/pecuária a fim de tornar as práticas de produção mais sustentáveis e menos danosas ao meio ambiente (FREITAS, 2001). Segundo Daniel *et al.* (1999), os sistemas agroflorestais são formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas, como árvores, arbustos, palmeiras são utilizadas em associação intencional com cultivos agrícolas ou com animais no mesmo terreno, de maneira simultânea ou em sequência temporal. O sistema integração lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) tem sido uma opção estudada pela Embrapa-Agrossilvipastoril como forma de renda mais sustentável, pois, esse sistema deve ser conduzido dentro de princípios técnicos que permitam a maximização da produtividade sem perder de vista a sustentabilidade (ALVARENGA, 2010).

Os nematoides são ótimas opções na avaliação de implantação de novos sistemas, pois são organismos que respondem com rapidez a mudanças no ambiente, se portando como indicador ecológico de distúrbios ambientais (ARIEIRA, 2012). Abundância, Diversidade e diversos índices ecológicos são utilizados na caracterização das comunidades de nematoides. Existem ferramentas embasadas nas técnicas geoestatística que podem contribuir para cálculos mais precisos desses índices, minimizando o erro, por exemplo, na quantidade e distância ideal de amostragem permitindo uma avaliação mais precisa do ambiente em estudo (QUARTEZANI, 2008).

Assim o presente trabalho teve como objetivos:

- Utilizar de nematoides como bioindicadores de distúrbio no estabelecimento do sistema iLPF em base sustentável.
- Demonstrar o potencial uso da geoestatística como ferramenta na amostragem de nematoides.

**CAPITULO I: ESTUDO DAS COMUNIDADES DE NEMATOIDES COMO
BIOINDICADORES DE DISTÚRBO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS**

RESUMO

COUTINHO, Raul Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Estudo das comunidades de nematoides como bioindicadores de distúrbio em sistemas agrícolas.** Orientador: Leandro Grassi de Freitas.

Áreas de mata nativa no cerrado brasileiro têm sido substituídas por agroecossistemas, uma vez que o cerrado é considerado a última fronteira agrícola do país. Assim, necessita de implantar sistemas mais sustentáveis a fim de minimizar os danos no ambiente. Para avaliar sua sustentabilidade, existem vários tipos de indicadores, tais como: físicos, químicos e biológicos, sendo que neste último se encontra os nematoides. O objetivo desse trabalho foi utilizar nematoide como bioindicadores de distúrbio no estabelecimento do sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Um experimento de longa duração está sendo conduzido na unidade da Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop-MT. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 10 tratamentos e 4 repetições. Áreas de mata e vegetação espontânea foram usadas como controle (ambientes estáveis). Os tratamentos foram: 1-Floresta (F); 2-Lavoura (L); 3-Pecuária (P); 4-Sistema Integração Lavoura-Pecuária (iLP); 5-Sistema Integração Pecuária-Lavoura (iPL); 6-Sistema Integração Lavoura-Floresta (iLF); 7-Sistema Integração Pecuária-Floresta (iPF); 8-Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF); 9-Sistema iLPF; 10-Sistema iLPF. Seis subamostras foram retiradas para cada amostra composta, e foram feitas duas amostras por parcela. Os nematoides foram extraídos e identificados. As comunidades de nematoides foram caracterizadas em função da abundância total e relativa, índice de diversidade e equitabilidade de Shannon-Weaver e Simpson, riqueza (D), índice de maturidade (IM), índice de maturidade modificado (IMm), índice de maturidade 2-5 (IM₂₋₅), índice de parasitas de plantas (IPP), padrão de decomposição da matéria orgânica e dominância de nematoides que praticam herbivoria ou que se alimentam de microrganismos. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% (P<0,05) de significância a fim de se identificar os efeitos dos sistemas sobre a comunidade de nematoides. O grupo de nematoides parasita de plantas dominou nas duas épocas de coleta. Micófitos e Bacteriófitos foram reduzidos após a implantação dos sistemas. Predadores se apresentaram em maior número de gêneros na segunda coleta. Onívoros foram pouco alterados sobre a influência dos sistemas 5-PL, 9-iLPF e área de mata. Os maiores índices de diversidade e equitabilidade de Shannon-Weaver foram encontrados nos sistemas 7-PF, 9-iLPF e área de vegetação espontânea. O sistema 9-iLPF foi o único

que aumentou todos os índices de diversidade, equitabilidade e riqueza, ao contrário dos sistemas 2-L e 4-LP. O menor valor de IM foi encontrado no sistema 2-L e os maiores valores nos sistemas 5-PL, 9-iLPF e área de vegetação espontânea. Os índices IM, IMm, IM₂₋₅ e IPP indicaram as áreas de mata e vegetação espontâneas como área de referência de ambientes estáveis. As medidas de diversidade e demais índices estudados mostraram o sistema 9-iLPF foi o sistema que gerou menor distúrbio no ambiente e o sistema 2-L foi o que causou maiores distúrbios.

ABSTRACT

COUTINHO, Raul Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. February, 2014. **Investigation of nematodes communities for disturbance bioindicators in agricultural systems.** Advisor: Leandro Grassi de Freitas.

Native forests in the Brazilian cerrado have been replaced by agroecosystems, since the cerrado is considered the last agricultural frontier of the country. Therefore needs to implement more sustainable systems in order to minimize environmental damage. To assess its sustainability, there several types of indicators, such as physical, chemical and biological, in the latter is found nematodes. Being said, the aim of this study was to use nematodes as bioindicators of disturbance in establishment of the crop-livestock-forestry (iLPF) system integration. A long-term experiment has been conducting at Embrapa Agrossilvipastoril (Sinop-MT). The experimental design was a randomized block with 10 treatments and 4 replications. Forest Area and Natural Vegetation were considered as a treatment controls. The treatments were: 1-Forest (F); 2-Farming (F); 3-Livestock (L); 4- integration Crop-Livestock (CL); 5- integration Livestock-Farming (LF); 6- integration Crop-Forest (CF); 7- integration Livestock-Forest (LF); 8- integration Crop-Livestock-Forestry (iCLF); 9- integration Crop-Livestock-Forestry (iCLF); 10- Crop-Livestock-Forestry (iCLF). Six subsamples were taken for each composite sample, and two samples were taken per plot. The nematodes were extracted from soil and identified. The nematode communities were characterized as a function of the total and relative abundance, diversity index and evenness of Shannon-Weaver and Simpson, wealth (D), maturity index (MI), modified maturity index (MMI), maturity index 2-5 (IM₂₋₅), plant parasitic index (PPI), pattern of organic matter decomposition and dominance of nematodes practicing herbivory or feeding of microorganisms. The data were analyzed by ANOVA and means were separated using Tukey's test at the

$P < 0,05$ significance level to identify the effects of these systems on the nematode community. The group of nematode plant parasite was dominating in both sampling. Mycophagous and Bacteriophages were reduced after the implementation of the systems. About the Predators group, they were in greater number of genres in the second collection. The 5-LF, 9- iCLF systems and Forest Area had the smallest reducing of Omnivores nematodes population. The highest values of diversity index and the Shannon-Weaver evenness were found in 7-LF, 9-iCLF systems and Natural Vegetation. The 9-iCLF system increased all diversity indices. In addition to that, the 9-iCLF system enhanced evenness and richness parameters as well. Unlike the 2-F and 4-CL systems had decreased the same parameters analyzed. The lowest value of MI was found in 2-F system. And the highest were found in the systems 5-LF, 9- iCLF system and Natural Vegetation. The IM, IMm, $IM_{2,5}$ and IPP indices indicated Areas of Forest and Natural Vegetation as a environments stable reference areas. The measures of diversity and other indices studied showed the 9- iCLF system as a slightest disturbance in the environment. And the biggest values in the 2-F system.

2 – Introdução

O Brasil é considerado como um dos países que possui uma das maiores biodiversidade em todo mundo, tendo em seu território o Cerrado como seu segundo maior bioma. Esse bioma tem apresentado uma substituição das áreas nativas por agroecossistemas devido ser considerado a ultima fronteira agrícola do país (MITTERMEIER *et al.*, 1997; BORLAUG, 2002). Por esse motivo, tem-se a necessidade de implantar sistemas com características mais sustentáveis e ecologicamente mais estáveis a fim de preservar o ecossistema. Os sistemas agroflorestais (SAF's) além de reduzir os riscos de degradação ambiental gerado pelas práticas agrícolas atuam melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Segundo Daniel *et al.* (1999), esses sistemas são formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas, como árvores, arbustos, palmeiras são utilizadas em associação intencional com cultivos agrícolas ou com animais no mesmo terreno, de maneira simultânea ou em sequência temporal, sendo classificado em três modalidades: Sistema Agrossilvicultural, Silvipastoril e Sistema Agrossilvipastoril. Dentre esses, o sistema agrossilvipastoril vem sendo estudado como modelo alternativo

de produção, com intuito de fornecer maior eficiência econômica e ambiental, uma vez que, diversifica a produção através da consorciação de árvores, culturas agrícolas, pastagens e, ou, animais (MARQUES, 1990).

Um modelo em destaque nesse sistema é o de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), prática que deve ser conduzida dentro de princípios técnicos que permitam a maximização da produtividade sem perder de vista a sustentabilidade (ALVARENGA, 2010). O sistema iLPF consiste da associação entre espécies arbóreas, culturas agrícolas, pastagem e/ou animais, com maior aproveitamento espacial, dos recursos naturais e econômicos da propriedade (DANIEL *et al.*, 1999).

Diversas formas são utilizadas para avaliar o desempenho do estabelecimento de novos sistemas, como por exemplo, indicadores químicos, físicos e biológicos. Turco e Blume (1999) caracterizaram um indicador biológico como presença ou ausência de certa espécie, seja ela animal, ou vegetal associada a uma determinada condição ambiental.

Os nematoides atuam como bons bioindicadores na avaliação de qualidade do solo e alterações ambientais principalmente por: a) ocorrer em qualquer ambiente que forneça uma fonte de carbono orgânico; b) ocorre em qualquer tipo de solo e condições climáticas; c) constituem comunidade multiespecífica; d) certos táxons podem apresentar sensibilidade diferenciada a distúrbios ocorridos no meio; e) apresentam diversidade trófica de fácil identificação por análise morfológica (NEHER, 2001; GOULART, 2002; NEILSON, 2005; CARES, 2006; TOMAZINI, 2008).

Segundo Whitford (1982) uma das maiores importâncias em utilizar nematoides como indicadores da qualidade do solo e alteração ambiental encontram-se no seu papel regulatório da taxa ou velocidade das transformações, como por exemplo, as transformações da matéria orgânica. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho, foi a utilização de nematoides como bioindicadores de distúrbio no estabelecimento do sistema iLPF em base sustentável.

3- Revisão de Literatura

3.1 – Cerrado

O Brasil é considerado como um dos países que possui uma maior biodiversidade no mundo, pois se calcula que nada menos do que 10% de toda a biota terrestre encontram-se no país (MITTERMEIER *et al.*, 1997). Considerado a última fronteira agrícola do planeta, o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro ocupando 21% do território nacional, sendo superado em área apenas pela Amazônia (BORLAUG, 2002). A riqueza de espécies que é um dos parâmetros utilizados para mensurações e comparações da biodiversidade entre regiões, também varia ao longo do tempo e do espaço.

O Cerrado brasileiro apresenta uma biodiversidade bastante expressiva, mesmo que suas espécies tenham sido diminuídas (MACHADO *et al.*, 2004). Figueira (2008) afirma que o uso intensivo dos solos no bioma cerrado pode gerar impactos na estrutura e atividade biológica do solo refletindo negativamente no meio ambiente. Cerca da metade do território do Cerrado já foi transformado em pastagem plantada, culturas anuais e outros tipos de uso agrícola (KLINK, 2005). Tem-se implantado sistemas conservacionistas como, plantio direto com rotação/sucessão de culturas e integração lavoura/pecuária a fim de tornar as práticas de produção mais sustentáveis e menos danosas ao meio ambiente (FREITAS, 2001), visto o Cerrado possui insignificante representação do sistema Brasileiro de áreas protegidas, onde somente 2,2% desse bioma se encontra legalmente protegido (MITTERMEIER, 1999).

3.2 – Sistemas Agrícolas

Os sistemas agrícolas ou mais conhecidos como agroecossistemas, são sistemas ecológicos alterados, manejados de forma a aumentar a produtividade na área (PIMENTEL, 1996; GLIESSMANN, 2001). Essas áreas podem ser manuseadas utilizando, insumos externos não advindos da propriedade, com aplicação de conhecimento e tecnologia gerados ao decorrer dos anos, ou pode ser trabalhada utilizando os recursos naturais da própria área, sem adição de insumos ou até mesmo baixo uso de tecnologia (FREITAS, 2008).

Hoje em dia é mais comum adotar os sistemas que foram submetidos a estudos e que apresentaram significativos resultados como a utilização de sistemas agroflorestais (SAF's), deixando um pouco de lado as antigas práticas. Maia (2006) implantou sistemas SAF's na região semi-árida cearense e afirmou que a prática de Silvicultura pode ser utilizada para manutenção da qualidade do solo e produção de alimentos naquela região.

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas, como árvores, arbustos, palmeiras são utilizadas em associação deliberada com cultivos agrícolas ou com animais no mesmo terreno, se baseando nos critérios de arranjo espacial e temporal, na importância e no papel dos componentes, no planejamento da produção e suas características socioeconômicas (SANTOS, 2000). São sistemas de grande expressão na agricultura, com potencial para, prolongar a disponibilidade e a qualidade de alimento na época seca do ano, além de reduzir os riscos de degradação ambiental, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Os SAF's são classificados em três modalidades: Sistema Agrossilvicultural ou Silviagrícola, Silvicultura e Sistema Agrossilvicultura (DANIEL *et al.*, 1999; BERNARDES, 2008).

Sistema Agrossilvicultural ou Silviagrícola

É a prática de cultivar árvores juntamente com cultivos agrícolas (BERNARDES, 2008). Leakey (1996) define como a integração de árvores em estabelecimento agrícola ou na pastagem agrícola.

Sistema Silvicultura

É a associação intencional de árvores, pastagens e/ou animais em uma mesma área, manejados ao mesmo tempo de forma integrada (DANIEL *et al.*, 1999).

Sistema Agrossilvicultura

Consiste da associação entre espécies arbóreas, culturas agrícolas, pastagem e/ou animais, com maior aproveitamento espacial, dos recursos naturais e econômicos da propriedade. (DANIEL *et al.*, 1999).

Em quaisquer desses sistemas o foco é oferecer condições para que o produtor rural possa adotar tecnologia simples e de baixo custo, apropriada para o uso de conservação do solo. O sistema Agrossilvipastoril denominado sistema integração lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), segundo Alvarenga (2010), deve ser conduzido dentro de princípios técnicos que permitam a maximização da produtividade sem perder de vista a sustentabilidade. O sucesso do iLPF resulta da combinação de atividades (agrícolas, florestais e pecuárias) buscando otimização de recursos e rentabilidade por área de modo sustentável; preservação ambiental através de praticas adequadas de manejo; diversificação de atividades com intuito de amenizar riscos de mercado; aumento de produtividade devido a fatores interligados do sistema (sombra gera conforto animal).

A prática de iLPF tem grande importância quando se deseja fazer formação, recuperação ou renovação de pastagens. Pereira (2009), demonstrou que o iLPF é uma opção viável em áreas montanhosas na Zona da Mata mineira quando se deseja formar, recuperar ou renovar pastagens, porque esse sistema consegue superar os desafios que essa área apresenta, como: Topografia elevada, baixa fertilidade do solo, plantas invasoras e custo elevado de produção. Os benefícios que se obtêm utilizando esse sistema são (DANTAS, 1994; DANIEL, 1999; MEDRADO, 2000):

- Melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e quebrar ciclo da monocultura, de pragas e doenças;
- Produzir pasto, forragem conservada e grãos para alimentação animal na estação seca e palha para o plantio direto;
- Aumento na eficiência de uso dos insumos;
- Aumentar a estabilidade de renda do produtor;
- Reduzir os custos tanto da atividade agrícola quanto da pecuária;
- Produção de madeira ecologicamente correta;
- Arborização de pastagens;
- Ambiência animal com uso adequado de sombreamento;
- Reduzir os custos da atividade florestal;
- Reduz a dependência do uso de áreas marginais para produção agropecuária.

Lal (1991), afirma que, há um efeito sinérgico na produtividade e nas condições do solo quando se combina espécies anuais e perenes. Sendo assim, Alvarenga (2007) concluiu que o ambiente de solo é melhorado devido ao aporte de resíduos vegetais

oriundos da parte aérea e das raízes da pastagem além de melhorias da qualidade física e biológica do solo devido ao aumento da matéria orgânica e redução de pragas e de doenças das plantas. Também há benefícios no controle de erosão, devido à cobertura e à proteção mecânica que os resíduos vegetais proporcionam.

3.3- Indicadores de qualidade do solo na avaliação da implantação de novos sistemas

Diversas formas são utilizadas para avaliar o desempenho do estabelecimento de novos sistemas. A mais comum é pelo uso de indicador de qualidade do solo, tais como, os químicos, físicos e biológicos.

Indicadores químicos

Os indicadores químicos do solo, poderão mostrar a evolução das transformações que ocorrem em áreas escolhidas sob determinadas coberturas vegetais.

Normalmente agrupados em quatro classes (GOMES, 2006):

1. Os que indicam os processos do solo ou de comportamento
 - PH
 - Carbono orgânico
2. Os que indicam capacidade do solo de resistir à trocas de cátions
 - Tipo de argila (1:1, 2:1)
 - CTC
 - CTA
 - Óxido de ferro
 - Óxido de alumínio
3. Os que indicam necessidade nutricional das plantas
 - N, P, K, Ca, Mg
 - Elementos traços (Micronutrientes)
4. Os que indicam contaminação ou poluição
 - Metais pesados
 - Nitrato, Fosfato
 - Agrotóxicos

Indicadores Físicos

De acordo com Gomes e Filizola (2006), os indicadores físicos são importantes por terem relações fundamentais com processos hidrológicos como, taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão, além das funções essenciais no suprimento e armazenamento, de água, nutrientes e oxigênio no solo. São eles:

- Textura
- Estrutura
- Resistência à penetração
- Profundidade de enraizamento
- Capacidade de água disponível
- Percolação
- Sistema de cultivo

Indicadores Biológicos

Segundo Turco e Blume (1999) um indicador biológico pode ser definido como presença ou ausência de certa espécie, seja ela animal, ou vegetal associada a uma determinada condição ambiental. Basicamente os atributos biológicos de avaliação são: A biomassa microbiana e respiração do solo que reflete a atividade microbiana. Portanto os bioindicadores mais comuns são: a microfauna, bactérias, fungos, actinomicetes, algas e nematoides.

Nematoides

Nematoides são os organismos multicelulares mais numerosos quanto a diversidade, riqueza de espécies e à abundância (BONGERS; FERRIS, 1999; HUGOT *et al.*, 2001). Pertencem ao seu próprio filo Nematoda, não apresentam segmentação e possuem comprimento variando de 0,3mm até 17m (BONGERS; FERRIS; YEATES, 1999).

Os nematoides podem ser uma boa opção para avaliar a qualidade do solo, devido principalmente às suas características de abundância e diversidade taxonômica (NEHER, 2001). Textura, umidade do solo e disponibilidade de alimentos são pontos importantes quando se quer determinar a diversidade das comunidades de nematoides, uma vez que, se movem livremente através da água do solo para se alimentarem e concluírem os ciclos de vida. Assim, os nematoides do solo são organismos que respondem com rapidez a mudanças no ambiente, podendo ser utilizados como indicadores ecológicos de distúrbios ambientais (ARIEIRA, 2012).

Os nematoides são considerados bons bioindicadores de qualidade do solo e alterações ambientais principalmente por que: a) ocorrem em qualquer ambiente que forneça uma fonte de carbono orgânico, em qualquer tipo de solo, sob diversas condições climáticas e em habitat que variam de equilibrado a extremo distúrbio; b) constituem comunidades multiespecíficas, ou seja, ocorrem interações entre seus membros e também com outros componentes da biota do solo; c) certos táxons ou grupo de táxons podem apresentar sensibilidade diferenciada frente a distúrbios ocorridos no meio; d) ocupam posições chaves nas redes alimentares do solo e e) apresentam diversidade trófica, onde o hábito alimentar é facilmente identificado de acordo com a estrutura da cavidade bucal e faringe (NEHER, 2001; GOULART, 2002; NEILSON, 2005; CARES, 2006; TOMAZINI, 2008).

Uma das principais importâncias de se utilizar nematoides como indicadores de qualidade do solo encontra-se no seu papel regulatório de taxa ou velocidade das transformações, como a decomposição da matéria orgânica (WHITFORD *et al.*, 1982), sendo eles ainda considerados em último nível, formas de recuperar energia que nem mesmo outros animais conseguem (LOREAU, 2001).

As dinâmicas populacionais de nematoides microbiófagos tendem a se sincronizar com aquelas dos microrganismos dos quais se alimentam (FRECKMAN, 1988; MIKOLA, 1998). Os micófagos e bacteriófagos afetam a atividade de fungos e bactérias, conseqüentemente afetando a decomposição da matéria orgânica realizada pelos mesmos, com isso pode haver um aumento na taxa de mineralização de carbono (respiração) e outros nutrientes. De acordo com Niles e Freckman (1998) os nematoides podem causar efeitos indiretos no solo: a) transportam microrganismos pra diferentes microhabitats, os quais podem conter fonte de alimento e recursos, ocorrendo modificação do meio e aumento do crescimento microbiano; b) fornece e excreta alimento como fonte de energia para microrganismos; c) micófagos podem ingerir hifas senescentes, removendo metabólitos secundário que poderia inibir o crescimento

fúngico e d) em geral os microbiófagos aceleram o crescimento microbiano quando se dispõe de alimentação em um nível ótimo, isso é chamado de efeito regulador dos nematoides sobre as populações microbianas.

3.4 – Comunidades de Nematoides do solo

Até a década de 80, a maioria dos estudos ecológicos eram dirigidos apenas a nematoides fitoparasitas (que alimentam de plantas), pois existiam espécies que causavam grandes prejuízo à agricultura. No entanto, tais estudos apresentavam valor ou interesse limitado, pelo menos dentro de contexto ecológico mais amplo (NEILSON, 2005). Assim, a maioria dos estudos recentemente realizados, a fim de conhecer mais sobre diversidade, riqueza e demais parâmetros ecológicos que caracterizam a estrutura das comunidades de nematoides, passou a considerar grupos tróficos existentes no ambiente de estudo. Esses atributos utilizados para caracterizar as comunidades de nematoides, segundo Neher (2001), favorecem a utilização dos nematoides como indicadores de alterações ambientais, qualidade de solo e sustentabilidade.

Yeates (1993) define os grupos tróficos (hábito alimentar) da seguinte forma: bacteriófagos são nematoides que se alimentam de células bacterianas; os micófagos ou fungívoros são os que se alimentam de hifas fúngicas perfurando-as com um tipo de estilete rudimentar; fitófagos são os parasitas de plantas, se alimentam por ação de um estilete que pode ser estomatostílico (Tylenchida) ou Odontostílico (Dorylaimida); predadores são os que se alimentam de invertebrados incluindo outros nematoides e onívoros são os nematoides que tem mais de uma fonte alimentar principal durante o ciclo de vida.

A predominância de algum grupo trófico depende da composição do ambiente. Mattos (2006) estudou os grupos tróficos em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil central. Os sistemas avaliados foram: cerrado, cerradão, mata ciliar, campo limpo, eucalipto, café, milho e tomate. Detectou a predominância de nematoides fitófagos nos quatro sistemas nativos e bacteriófagos nos sistemas cultivados, exceto no milho. Rahman (2009) estudou os grupos tróficos em duas regiões de vinhedo na Austrália, uma região de clima quente e uma de clima frio e constatou predominância de nematoides bacteriófagos em ambas as regiões.

3.5 – Abundância e Diversidade de Nematoides no Cerrado e no Mundo

A conversão das áreas naturais do bioma cerrado em campos agrícolas tem reduzido ocorrência de muitas espécies, limitando seu conhecimento. (ALHO & MARTINS, 1995). Wheeler (1995) acrescenta que pela falta de conhecimento a respeito da fauna e flora estamos perdendo recursos genéticos importantes para a manutenção da biodiversidade do planeta e desenvolvimento sustentável. A sociedade como um todo, principalmente a que habita a região do cerrado deve tomar providências para minimizar a ação antrópica ou aperfeiçoá-la, para que seja o menos danosa possível a esse ecossistema, sendo ele o segundo maior do país em área e um dos centros mundiais para conservação da biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000).

O Cerrado Brasileiro tem sido alvo de intensa expansão das práticas agrícolas, consequentemente diminuição das áreas florestais. Com isso é evidente a necessidade de avaliar os ecossistemas, os quais vêm sofrendo ações humanas seja ela pela prática da agricultura ou qualquer outra atividade (ALVARENGA, 1999). No Cerrado brasileiro e no mundo, muitos estudos já foram realizados a fim de verificar o comportamento dos nematoides quando submetidos a diferentes práticas.

Huang e Cares (1995) estudaram a diversidade de nematoides em cinco diferentes sistemas, classificados como Cerradão, Cerrado, Galeria de Mata, cultivo anual e cultivo perene. Áreas de anuais e perenes originalmente eram áreas nativas. Verificaram que a substituição da mata nativa por cultivos anuais e perenes forneceram menores valores de diversidade e maiores valores de abundância em cultivos perenes, devido à grade biomassa radicular que esse sistema fornece.

Na região de Roda Velha no município de São Desidério na Bahia, pesquisas feitas por Carvalho *et al.* (2011) em comunidades de fitonematoides nas áreas de cerrado preservado e áreas desmatadas para implantação da agricultura, possibilitaram observar uma maior diversidade nas áreas de cerrado nativo e uma quantidade de espécimes inferior ao encontrado nas áreas substituídas pela agricultura.

Gomes *et al.* (2003), estudaram as comunidades de nematoides em plantações de soja no Distrito Federal, considerando dois tipos de amostragens. Uma delas é uma amostragem espacial realizada em 23 campos de soja aleatoriamente no período chuvoso, e a outra foi realizada mensalmente em 3 desses 23 campos por 12 meses. Na amostragem espacial os nematoides fitoparasitas ocupavam mais de 50% da abundância relativa, seguido de 35% de bacteriófagos. Nesse experimento, não houve diferença nos

índices de diversidade e índices de maturidade estudados. Houve diferenças quanto à riqueza genética e o índice de uniformidade de Shannon-Weaver que apresentaram valores maiores na amostragem temporal do que no espaço, considerando que ocorreu um maior número de gêneros na amostragem temporal.

Na região de Ipameri-GO, Carvalho *et al.* (2010) estudaram a nematofauna nas quatro estações do ano, em 3 diferentes ecossistemas: Mata de cerrado, cultivo silvipastoril de Eucalipto e pastagem, e cultivos anuais de soja e sorgo. Maior diversidade foi observada no ecossistema mata de cerrado quando comparada aos cultivos anuais e perenes. Houve uma uniformidade na flutuação das riquezas de táxons nos sistemas agrícolas ao longo do ano em relação ao Cerrado, embora, a variabilidade de gêneros tenha diminuído no Cerrado nativo para cultura anual e depois nas culturas perenes na primavera. Assim, concluíram que existe um contraste da nematofauna entre os cultivos e a mata de cerrado quando diz respeito à riqueza de táxons.

Bloemers *et al.* (1997) estudaram perturbações em áreas de vegetação nativa no que diz respeito à implantação de agroecossistemas, observando que houve aparentemente, baixa influência na riqueza de nematoides, exceto nas áreas consideradas mais perturbadas. Concluíram que as perturbações não afetaram somente a riqueza, mas também toda estrutura das comunidades de nematoides, com ações semelhantes sobre todos grupos tróficos. Da mesma forma Sánchez-Moreno e Ferriz (2007), estudaram a comunidade de nematoides em áreas adjacentes consideradas perturbadas e não perturbadas pelo homem (cultivo de videira e floresta madura), nos Estados Unidos. Os autores concluíram que nas áreas não perturbadas (floresta madura) obtiveram maiores variações de grupos tróficos, destacando nematoides predadores e um baixo número de fitoparasitas quando comparados com o ambiente perturbado (cultivo de videira), afirmando ainda que o reduzido número de fitoparasitas em ambiente florestal se dá pela supressividade do solo em relação aos mesmos.

Três áreas situadas na região de São Carlos-SP foram submetidas a estudos de comunidades de nematoides: uma área nativa de cerrado preservada e duas áreas originalmente de cerrado, porém substituídas por cultura perene (goiabeira) e outra por cultura anual (milho). Segundo Goulart e Ferraz (2003), ao avaliar abundância relativa dos grupos tróficos, verificaram que nematoides predadores e onívoros foram encontrados em maior porcentagem na área de mata, o que já era esperado, pois são mais sensíveis às mudanças no ambiente. Nematoides fitoparasitas tiveram maiores abundâncias nas áreas em que foram implantadas os cultivos. Os índices de diversidade trófica apresentaram maiores valores nas áreas de vegetação nativa frente às áreas

cultivadas, entre as quais se destacou uma maior diversidade no milharal. Os índices de diversidade de Shannon-Weaver e sua respectiva equitabilidade demonstraram menores valores nas áreas de culturas que nas áreas de cerrado nativo.

3.6 – Índices ecológicos na caracterização das comunidades de Nematoides

Os índices ecológicos no estudo de comunidades de nematoides foram bem estudados e caracterizados por Bongers (1990). Ele classificou os nematoides de solo como, “colonizadores” e “persistentes” comparativamente a “estrategistas r” e “estrategistas k”, respectivamente. Nematoides colonizadores possuem um ciclo de vida curto, elevada capacidade de colonização e de tolerar distúrbios ocorridos no seu ecossistema e produzem um elevado número de ovos pequenos, normalmente mais numerosos nas amostras mostrando altas flutuações na densidade populacional. Em contrapartida, nematoides persistentes possuem um ciclo de vida longo, baixa capacidade de colonização e de tolerar distúrbios e por fim não são dominantes em uma amostra, pois quase não flutuam em número durante o ano. Bongers nesse mesmo trabalho determinou uma escala de classificação de 1 a 5 de acordo com a estratégia de vida dos nematoides. São os chamados valores *c-p* (colonizadores-persistentes). Esses valores são essenciais para a obtenção de índices ecológicos, como: índice de maturidade, índice de maturidade modificado, índice de maturidade para nematoides com valores *c-p* variando de 2 a 5 e índice de parasita de plantas.

Nematoides com valores *c-p* 1 e 2 são considerados colonizadores e possuem tolerância a diversos distúrbios ocorridos no ambiente e nematoides com valor *c-p* 4 e 5 são as classes consideradas persistentes, tendo como característica sensibilidade à distúrbios. Nematoides com valor *c-p*=3, possuem características entre os grupos 2 e 4, sendo relativamente sensíveis a distúrbios (BONGERS & BONGERS, 1998).

O Índice de Maturidade (IM), avalia níveis de perturbação numa escala que vai desde valores menores que 2 em sistemas perturbados enriquecidos por nutrientes, a mais ou menos 4 em ambientes mais estáveis ou menos perturbado. Isso, sem levar em consideração nematoides parasitas de plantas, pois, sua ocorrência e abundância são em grande parte determinado pela estrutura da comunidade, assim como o vigor das plantas que crescem no solo (BONGERS & FERRIS, 1999). Poranzinska (1999) ainda o caracteriza como uma medida semiquantitativa que leva em consideração as características ecológicas e biológicas dos nematoides da comunidade.

Índice de Maturidade Modificado (IMm) também avalia os níveis de perturbação, no entanto, leva em consideração todos os grupos tróficos (YEATES, 1994).

Índice de Maturidade (IM₂₋₅) avalia perturbação considerando apenas nematoides com valor *c-p* de 2 a 5, a fim de observar se os nematoides colonizadores *c-p*=1 possuem influência no cálculo do IM, pois são considerados oportunistas e aumentam sua população quando há adição de nutrientes, assim, poderiam não expressar se houve mudança nas condições ecológicas do solo em longo prazo (BONGERS & KORTHALS, 1993).

Índice de Parasita de Plantas (IPP) é calculado da mesma forma que os outros índices, porém, considerando apenas nematoides parasitas de plantas. Esse índice tem uma relação inversa com o IM (Índice de maturidade) quando os sistemas são submetidos a certas atividades agrícolas (BONGERS, 1997).

Mondino (2009) quando avaliou efeitos de agroecossistemas orgânicos sobre as comunidades de nematoides, utilizando Índice de Maturidade, concluiu que nematoides são sensíveis ao manejo, sendo assim, bons indicadores de qualidade de sistemas de cultivo orgânico.

Os nematoides também podem ser usados para contribuir com informações da cadeia trófica do solo. Segundo Yeates *et al.* (2009), nematoides são fáceis de utilizar pra contribuir com informações da cadeia trófica do solo pois se necessita apenas de sua identificação a nível de gênero, o que já permite classificá-los quanto ao hábito alimentar. Dessa forma, Wasilewska (1994) propôs a relação Micófago/Bacteriófago como uma forma de verificar qual organismo atua preferencialmente na decomposição da matéria orgânica, fungos ou bactérias, e a relação (Micófago+Bacteriófago)/Parasita de Plantas para apontar se na cadeia trófica do solo há uma dominância de nematoides que se alimentam de microrganismos ou de nematoides que praticam herbivoria.

4– Material e Métodos

4.1- Localização, descrição e histórico da área

A área experimental pertence a unidade de pesquisa da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada no município de Sinop ao norte do Estado do Mato Grosso, em uma região de transição Cerrado/Floresta Amazônica. Antes de sua instalação, a área pertencia a uma fazenda particular. “Seu posicionamento geográfico é latitude 11°50’53” Sul e longitude 55°38’57” Oeste. Segundo o Sistema de Classificação de Solos da Embrapa, o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, típico Argiloso, A-Moderado, região com relevo plano e vegetação denominada Floresta Tropical Subperenifolia.

Nestas condições, um experimento de longa duração foi instalado para avaliar o estabelecimento de sistemas de iLPF no estado do Mato Grosso. As amostras de solo foram coletadas em 10 diferentes tratamentos e, também em uma área com vegetação espontânea e uma área de mata contígua, ambas utilizadas como testemunha.

Os tratamentos avaliados foram:

- 1- Floresta (Eucalipto), com 952 plantas/ha;
- 2- Lavoura, sendo no primeiro ano Soja no verão, milho após colheita da soja e no segundo ano soja no verão, milho safrinha consorciado com pasto;
- 3- Pecuária, com estabelecimento de *Brachiaria brizantha*, cultivar Marandu com sistema de recria e/ou engorda;
- 4- Sistema Integração Lavoura-Pecuária (iLP) com cultivo de lavoura nos dois primeiros anos, conforme descrito no tratamento “2”, e cultivo de pasto nos dois anos subsequentes conforme descrito no tratamento “3”;
- 5- Sistema Integração Pecuária-Lavoura (iPL), com cultivo de pasto nos dois primeiros anos, conforme descrito no tratamento “3”, e com cultivo de lavoura nos dois anos subsequentes, conforme descrito no tratamento “2”;
- 6- Sistema integração Lavoura-Floresta (iLF), com cultivo de floresta, em linhas triplas espaçadas de 30 metros entre si, cultivadas nas entrelinhas com lavoura conforme tratamento “2”;
- 7- Sistema integração Pecuária-Floresta (iPF), com cultivo de floresta, em linhas triplas espaçadas de 30 metros entre si, cultivadas na entrelinhas com pasto, conforme tratamento “3”;

8- Sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta (iLPF), com cultivo da Floresta, em linhas triplas espaçadas de 30 metros entre si, cultivadas com lavoura, conforme descrito no tratamento “2”, nos dois primeiros anos e cultivo de pasto nas entrelinhas nos dois anos subsequentes conforme descrito no tratamento “3”;

9- Sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), com cultivo da Floresta, em linhas triplas espaçadas de 30 metros entre si, cultivadas com pasto nas entrelinhas nos dois primeiros anos, conforme descrito no tratamento “3”, e com cultivo de lavoura, conforme descrito no tratamento “2”, nas entre linhas nos dois anos subsequentes;

10- Sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), com cultivo de floresta, em linhas triplas espaçadas de 30 metros entre si cultivadas anualmente nas entrelinhas com soja no verão, e cultivo de milho juntamente com pasto na safrinha, com colheita do milho e estabelecimento do pasto no inverno para pastejo animal (recria/terminação).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 10 tratamentos e 4 repetições, totalizando uma área experimental de 80 hectares (Figura 1). Cada parcela corresponde a uma área de dois hectares, exceto nos tratamentos 1 e 2, onde a área experimental é de 1ha.

Nos tratamentos com pecuária, não ocorreu pastejo animal no período avaliado nesse trabalho. Apenas foi realizada a fenação das plantas forrageiras na safra 2011/2012, e na safra 2012/2013 foi realizada silagem.

Figura 1.

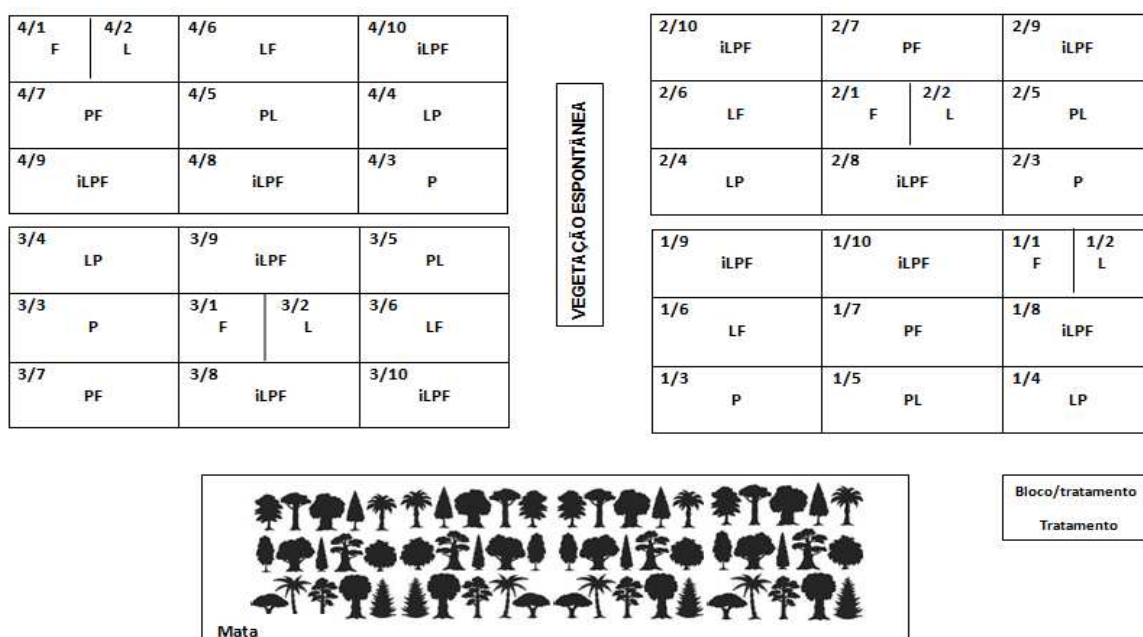


Figura 1. Croqui da área experimental constituída de 4 blocos, área de vegetação espontânea e área de mata. Cada bloco é formado por 10 parcelas, identificadas por números (primeiro número indica o bloco/ segundo número o tratamento). As letras indicam as siglas dos tratamentos.

4.2- Coleta das Amostras para análise morfológica

As amostras de solo foram coletadas em duas épocas - A primeira coleta foi realizada na implantação dos sistemas, quando a área ainda se encontrava sem cultivo, em novembro de 2011, época esta que compreendia o período chuvoso do ano. A segunda coleta foi realizada em fevereiro de 2013, também correspondendo ao período chuvoso da região e que equivalia ao final do ciclo da soja.

Com auxílio de um trado holandês, foram coletadas 6 subamostras de solo numa profundidade de 0-20cm e homogeneizadas para compor uma amostra composta com cerca de 500g a 1 Kg de solo. Foram coletadas duas amostras compostas por parcela, cada ponto foi georrefenciado com GPS para posterior aplicação de geoestatística no estudo de nematoides e confecção de mapas de distribuição dos mesmos. Ao término das coletas em cada época, as amostras, devidamente identificadas, foram imediatamente levadas ao laboratório de Nematologia da Embrapa para processamento e extração dos nematoides.

4.3- Processamento das amostras para análise morfológica

A extração dos nematoides do solo foi realizada segundo o método de Jenkins (1964). De cada amostra composta, foi retirada uma alíquota de 250 cc³ de solo, agitada em água por 1 minuto. Após 20 segundos de espera para as partículas mais grosseiras de solo decantar, a suspensão foi vertida em uma peneira de 40 mesh (abertura de 0,43 mm) acoplada a uma peneira de 400 mesh (abertura de 0,038 mm). O material retido na peneira de 400 mesh foi recolhido em um recipiente e posteriormente centrifugado em solução de sacarose. Após centrifugação, as amostras foram submetidas ao “banho maria” a 55°C por 5 minutos para morte dos espécimes. Posteriormente, foram fixadas em solução de Golden (Hopper, 1970), que permitiu armazenar as amostra até que fossem analisadas.

4.4- Identificação e quantificação morfológica das comunidades de nematoides

A identificação das comunidades foi realizada por meio de taxonomia clássica pela observação em microscópio ótico com objetivas em posição invertida. A quantificação dos espécimes foi realizada em todo volume de amostra. Para substanciar

a identificação, lâminas de cada espécie foram montadas e levadas ao microscópio óptico de luz e observados em aumentos de 100 vezes com auxílio do óleo de imersão, o que permitiu observar as principais estruturas que os caracterizavam.

Chaves de identificação, trabalhos já publicados em periódicos e recursos eletrônicos (internet) foram utilizados para que a identificação chegasse ao nível de gênero.

Para nematoides fitoparasitas em geral, a identificação baseou-se principalmente nas descrições de Mai *et al.* (1996) e de acordo com C.I.H Descriptions of Plant-parasitic Nematodes (1976), sendo que para a subordem Criconematina. Além dessas já citadas, utilizamos a recomendação de Woults (2006). Nematoides de vida livre foram identificados principalmente segundo Smart e Khuong (1983). A classificação quanto ao hábito alimentar se deu segundo Yeates *et al.* (1993).

4.5- Caracterização das comunidades de nematoides

A partir da identificação e quantificação dos gêneros em cada uma das amostras, foram calculados as seguintes medidas e índices:

a) Medidas de Abundância Total que é o número total de indivíduos por amostra e Abundância Relativa que indica a porcentagem de cada gênero sobre a abundância total (MAGURRAN, 1988);

b) Riqueza de gêneros (D) dado pela seguinte fórmula: $D = (S-1) / \log N$, onde, S é o número de gêneros e N o número de indivíduos (MAGURRAN, 1988).

c) Índices de diversidade (H') e equitabilidade (J') de Shannon-Weaver, calculados da seguinte forma: $H' = -\sum P_i \times \log P_i$ e $J' = H' / H'_{\max}$ respectivamente, onde, P_i é a proporção da espécie em relação ao número total de espécimes encontrados nos levantamentos realizados e H'_{\max} é a diversidade máxima do ambiente em estudo, dado pela fórmula $H'_{\max} = \log S$, onde S é o número de gêneros amostrados (SHANNON, 1948; ELLIOT, 1990);

d) índices de diversidade (DS) e equitabilidade (ED) de Simpson calculados da seguinte forma: $DS = 1 - \sum (n_i/N)^2$, onde, n_i é o número de indivíduos de cada gênero e N é o número total de indivíduos. $ED = DS / DS_{\max}$, onde DS_{\max} é a diversidade máxima dada por: $DS_{\max} = (S-1)/S$ onde S é o número de gêneros amostrados (SIMPSON, 1949; ELLIOT, 1990);

e) Para avaliar distúrbios foram utilizados, índice de maturidade (IM) e índices de parasitas de plantas (IPP) (BONGERS, 1990), índice de maturidade modificado (IMm) (YEATES, 1994) e índice de maturidade (IM₂₋₅) baseado somente em nematoides de valor *c-p* de 2 a 5 (BONGERS & KORTHALS, 1993). Todos esses índices são calculados com a mesma fórmula, $\sum v(i) \times f(i)$, onde, $v(i)$ corresponde ao valor *c-p* do nematoide e $f(i)$ a frequência relativa do gênero “i” na amostra. Os menores valores obtidos nos índices indica que o ambiente sofre maior nível de distúrbio.

f) Via prevalente de decomposição da matéria orgânica e a via de decomposição que indica a dominância de nematoides que se alimentam de microrganismos ou praticam herbivoria foram estabelecidas pela relação micófago/bacteriófago (MF/BF) e micófago+bacteriófago/parasitas de plantas (MF+BF/PP) respectivamente (WASILEWSKA, 1994).

5– Resultados

5.1- Abundância Total

Considerando os 10 sistemas amostrados mais a área de mata e de vegetação espontânea, as comunidades de nematoides na primeira coleta foram compostas de 15 gêneros, representados por 13 famílias e na segunda coleta foram encontrados 25 gêneros representados por 16 famílias. Todos os sistemas amostrados apresentaram um aumento na abundância total da primeira para a segunda análise, exceto na área de Mata (Figura 2).

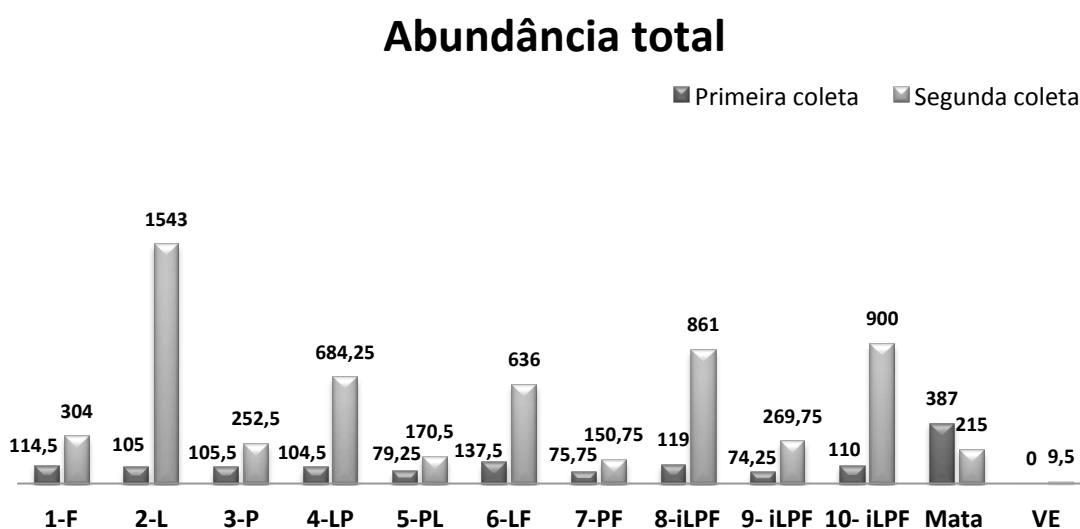


Figura 2. Abundância Total de nematoides em 250 cc de solo por amostra nas duas épocas de amostragem a uma profundidade de 0-20 cm. Média das 4 repetições. Sinop-MT.

5.2- Abundância Relativa

Em todos os sistemas, nas duas épocas de coleta, o grupo trófico Parasita de Planta (PP) revelou as maiores abundâncias relativa (Tabela1) apresentando um aumento expressivo na segunda coleta. Destacam-se os gêneros *Helicotylenchus* e *Macroposthonia* (Figura 2A e 2B) dominando em todos os sistemas e presente na área de Mata nas duas análises, ausente apenas na área de vegetação espontânea. A população de *Pratylenchus* (Figura 2C) foi expressivamente maior na segunda coleta. O grupo dos Micófagos (MF) e Bacteriófagos (BF) tiveram suas abundâncias reduzidas na segunda coleta, exceto na Mata que, por uma ação natural expressou um leve aumento desses nematoides. Os Nematoides Predadores (PR) foram encontrados em maior

número de gêneros na segunda coleta em todos os sistemas. No entanto, somente os sistemas 1-F, 3-P e 7-PF apresentaram maior abundância frente à primeira coleta. E por fim, os Onívoros (ON) apresentaram aumento na abundância apenas no sistema 5-PL, e uma pequena diminuição no sistema 9-iLPF e na Mata comparado aos demais sistemas (Tabela 1).

Figura 2.



Figura 2. Alguns dos nematoides encontrados no experimento. *Helicotylenchus* (A), *Tylenchus* (B), *Pratylenchus* (C) e *Macroposthonia* (D).

Tabela 1- Abundância Relativa (%) de gêneros de nematoides em diferentes sistemas agrícolas (tratamentos), área de Mata e área de vegetação espontânea na profundidade de 0-20 cm. Média das 4 repetições. Sinop-MT. (contin)

Gêneros	Valor c-p	1-Floresta		2-Lavoura		3-Pecuária		4-Lavoura-Pecuária		5-Pecuária-Lavoura		6-Lavoura-Floresta	
		1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta
PARASITAS DE PLANTAS													
<i>Helicotylenchus</i>	3	23.14	31.25	15.48	55.04	6.87	0.99	18.66	46.80	8.20	0.73	18.00	48.07
<i>Macroposthonia</i>	3	37.77	48.85	44.29	23.49	36.73	24.95	18.66	11.33	43.22	37.54	48.73	5.27
<i>Pratylenchus</i>	3	0.44	2.88	0.24	16.22	–	55.05	1.20	28.83	1.89	29.62	0.73	36.12
<i>Juvenil de Meloidogyne</i>	3	1.31	0.49	0.71	0.26	0.71	–	0.72	0.77	–	1.47	0.55	0.51
<i>Paratrichodorus</i>	4	0.44	0.08	0.48	0.66	–	0.59	0.96	1.75	–	0.73	0.55	1.69
<i>Discocriconemella</i>	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
MICÓFAGOS													
<i>Aphelenchoides</i>	2	0.66	0.25	0.95	0.13	2.61	0.40	1.20	0.07	1.58	0.29	0.55	0.39
<i>Aphelenchus</i>	2	9.61	7.40	6.90	0.57	22.99	1.68	11.48	2.63	11.99	1.17	6.00	2.16
<i>Ditylenchus</i>	2	0.44	–	0.48	–	0.71	–	4.07	–	1.58	–	0.55	0.16
<i>Tylenchus</i>	2	1.09	0.90	1.43	0.11	2.37	1.19	1.91	0.26	2.84	1.32	0.18	0.16
BACTERIÓFAGOS													
<i>Acrobeles</i>	2	4.15	3.62	4.52	0.92	3.55	5.25	9.09	2.81	4.42	8.94	4.36	2.24
<i>Rhabditis</i>	1	6.33	0.33	5.48	0.62	7.11	0.79	7.89	0.40	12.30	0.88	5.09	0.59
<i>Chiloplacus</i>	2	1.75	0.33	2.62	0.44	3.32	0.50	0.48	0.91	0.32	0.59	1.27	0.75
<i>Diploscapter</i>	1	–	0.08	–	0.05	–	0.69	–	0.04	–	–	–	0.16
<i>Eucephalobus</i>	2	–	–	–	0.24	–	–	–	0.07	–	0.15	–	–
PREDADORES													
<i>Prionchulus</i>	4	–	0.25	0.48	0.02	0.47	0.10	0.72	0.07	0.32	0.88	1.09	–
<i>Miconchus</i>	4	–	–	–	–	–	0.10	–	–	–	–	–	–
<i>Tobrilus</i>	3	–	0.41	–	0.18	–	0.40	–	0.33	–	0.44	–	0.31
<i>Tripyla</i>	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.29	–	–
<i>Mononchus</i>	4	–	–	–	–	–	0.10	–	0.04	–	0.59	–	–
<i>Iotonchus</i>	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.04
<i>Sporonchulus</i>	4	–	–	–	0.03	–	–	–	0.04	–	–	–	–
ONÍVOROS													
<i>Dorylaimus</i>	4	8.95	1.15	12.14	0.71	5.92	2.77	17.70	1.61	5.68	2.93	7.27	0.71
<i>Aporcelaimus</i>	5	–	0.08	–	0.05	–	0.10	–	0.11	–	0.15	–	–
<i>Pungentus</i>	4	3.93	1.64	3.81	0.26	6.64	4.36	5.26	1.13	5.68	11.29	5.09	0.67

(continua)

	Valor c-p	7-Pecuária-Floresta		8-Lav-Pec-Flo		9-Lav-Pec-Flo		10-Lav-Pec-Flo		Mata		Vegetação espontânea	
		1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta
PARASITAS DE PLANTAS													
<i>Helicotylenchus</i>	3	33.66	21.89	38.24	54.53	23.41	9.64	28.96	49.56	1.03	0.36	–	–
<i>Macroposthonia</i>	3	23.76	31.67	41.81	19.92	35.91	30.77	41.75	24.47	7.49	3.43	–	–
<i>Pratylenchus</i>	3	–	20.73	–	16.93	0.91	24.00	1.01	17.50	2.33	5.05	–	52.63
<i>Juvenil de Meloidogyne</i>	3	–	0.17	0.21	0.87	0.23	5.19	0.34	0.19	4.13	0.90	–	–
<i>Paratrichodorus</i>	4	–	1.49	–	0.78	1.36	1.85	–	0.81	–	–	–	5.26
<i>Discocriconemella</i>	3	–	–	–	–	–	–	–	–	56.07	47.47	–	–
MICÓFAGOS													
<i>Aphelenchoides</i>	2	–	–	0.42	–	0.91	–	–	0.19	0.26	1.81	–	–
<i>Aphelenchus</i>	2	17.16	1.49	2.94	0.78	5.68	2.59	5.05	1.61	3.10	2.35	–	5.26
<i>Ditylenchus</i>	2	0.66	0.33	0.63	0.06	2.05	0.46	0.34	0.03	–	0.36	–	–
<i>Tylenchus</i>	2	–	0.50	0.42	0.17	1.36	1.48	1.01	0.31	10.59	14.80	–	5.26
BACTERIÓFAGOS													
<i>Acrobeles</i>	2	5.28	7.46	2.10	1.97	2.95	8.80	3.70	1.50	8.01	14.26	–	10.53
<i>Rhabditis</i>	1	4.62	3.32	6.09	0.70	5.00	1.30	4.04	0.64	2.84	0.54	–	–
<i>Chiloplacus</i>	2	0.99	–	0.63	0.64	2.95	0.74	2.02	0.72	0.26	0.54	–	–
<i>Diploscapter</i>	1	–	0.33	–	–	–	–	–	0.08	–	–	–	–
<i>Eucephalobus</i>	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
PREDADORES													
<i>Prionchulus</i>	4	–	0.83	–	0.20	1.14	0.09	0.34	0.14	1.03	–	–	–
<i>Miconchus</i>	4	–	–	–	0.03	–	–	–	–	–	1.99	–	–
<i>Tobrilus</i>	3	–	0.17	–	0.12	–	0.74	–	0.11	–	1.62	–	–
<i>Tripyla</i>	3	–	–	–	–	–	0.09	–	–	–	0.18	–	–
<i>Mononchus</i>	4	–	–	–	0.03	–	0.09	–	0.06	–	1.99	–	–
<i>Iotonchus</i>	4	–	–	–	–	–	0.09	–	0.03	–	0.18	–	–
<i>Sporonchulus</i>	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ONÍVOROS													
<i>Dorylaimus</i>	4	7.59	2.32	4.20	1.25	12.27	3.71	3.37	0.97	1.03	1.44	–	21.05
<i>Aporcelaimus</i>	5	–	1.00	–	0.38	–	0.37	–	0.03	–	–	–	–
<i>Pungentus</i>	4	6.27	6.30	2.31	0.64	3.86	7.97	8.08	1.06	1.81	0.72	–	–

5.3- Diversidade, Equitabilidade e Riqueza

Na primeira coleta, embora os sistemas 4-LP e 10-iLPF apresentassem maiores valores de riqueza (D) não diferiram estatisticamente dos demais (Tabela 2). Também na primeira coleta os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e Simpson (DS) e seus respectivos índices de equitabilidade (J e ED), não mostraram diferenças estatísticas ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Não foi encontrado nematoide na área de vegetação espontânea na primeira coleta.

Tabela 2. Medidas de diversidade, riqueza e equitabilidade de nematoides em 10 diferentes sistemas agrícolas, mais áreas de Mata e Vegetação Espontânea (VE). Resultados referentes à média de quatro repetições. Sinop-MT.

	PRIMEIRA COLETA											
	1-F	2-L	3-P	4-LP	5-PL	6-LF	7-PF	8-iLPF	9-iLPF	10-iLPF	Mata	VE
D	4.07a	4.40a	3.92a	5.20a	4.45a	4.50a	3.55a	3.78a	3.91a	5.01a	3.89	-
H'	0.68a	0.67a	0.68a	0.82a	0.65a	0.69a	0.65a	0.65a	0.60a	0.74a	0.62	-
J'	0.73a	0.68a	0.73a	0.78a	0.69a	0.69a	0.75a	0.75a	0.67a	0.71a	0.66	-
DS	0.76a	0.72a	0.73a	0.85a	0.75a	0.72a	0.74a	0.77a	0.71a	0.78a	0.65	-
ED	0.83a	0.78a	0.80a	0.90a	0.80a	0.78a	0.83a	0.86a	0.78a	0.84a	0.73	-

D=riqueza; H'= Diversidade de Shannon-Weaver; J'=Índice de Equitabilidade de Shannon-Weaver; DS= Diversidade de Simpson; ED= Índice de Equitabilidade de Simpson. Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Já na segunda coleta (Tabela 3), o índice de riqueza mostrou o mesmo comportamento da primeira, não diferindo entre os sistemas, assim como os índices de diversidade e equitabilidade de Simpson. Maiores valores do índice de diversidade de Shannon-Weaver foram encontrados sob influência dos sistemas 7-PF e 9-iLPF diferindo estatisticamente dos demais e obtendo os valores mais próximos da área de vegetação espontânea tida como referência e o menor valor foi encontrado no sistema 2-L diferindo estatisticamente dos sistemas 5-PL, 7-PF e 9-iLPF.

Tabela 3. Medidas de diversidade, riqueza e equitabilidade de nematoides em 10 diferentes sistemas agrícolas, mais área de Mata e Vegetação Espontânea (VE) implantados há dois anos. Resultados referentes à média de quatro repetições. Sinop-MT.

	SEGUNDA COLETA										Mata	VE
	1-F	2-L	3-P	4-LP	5-PL	6-LF	7-PF	8-iLPF	9-iLPF	10-iLPF		
D	3.80a	3.94a	4.16a	4.34a	5.38 ^a	4.17a	4.63a	4.28a	4.88a	4.12a	5.01	5.33
H'	0.57bc	0.47c	0.56bc	0.53bc	0.65ab	0.56bc	0.66a	0.55bc	0.77a	0.52bc	0.65	0.81
J'	0.60ab	0.41b	0.55ab	0.47ab	0.58ab	0.52ab	0.63a	0.50 ab	0.72a	0.47ab	0.59	0.80
DS	0.64a	0.54a	0.62a	0.56a	0.69 ^a	0.64a	0.71a	0.61a	0.76a	0.57a	0.62	0.82
ED	0.71a	0.59a	0.68a	0.61a	0.74a	0.69a	0.77a	0.66a	0.83a	0.62a	0.67	0.89

D=riqueza; H'= Diversidade de Shannon-Weaver; J'=Índice de Equitabilidade de Shannon-Weaver; DS= Diversidade de Simpson; ED= Índice de Equitabilidade de Simpson. Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Comparando os índices dentro de cada sistema antes e após a implantação (Tabela 4), o índice de riqueza expressou aumento significativo da primeira para segunda coleta apenas no sistema 7-PF. Destaca-se o sistema 9-iLPF que proporcionou aumento de todos os índices na segunda coleta, porém, somente H' foi estatisticamente maior. Os sistemas 2-L, 4-LP reduziram significativamente o índice J', embora, todos os índices tenham sofrido redução. O sistema 10-iLPF reduziu estatisticamente os índice de H', J, DS e ED. Não foi possível comparar os índices entre as épocas sob condição de vegetação espontânea (VE).

Tabela 4. Medidas de diversidade, riqueza e equitabilidade de nematoides em 10 diferentes sistemas agrícolas antes e após a implantação dos sistemas, mais áreas de Mata e Vegetação Espontânea. Resultados referentes à média de quatro repetições. Sinop-MT.

	TRATAMENTOS																							
	1-F		2-L		3-P		4-LP		5-PL		6-LF		7-PF		8-iLPF		9-iLPF		10-iLPF		Mata		VE	
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
D	4.07a	3.80a	4.40a	3.94a	3.92a	4.16a	5.20a	4.34a	4.45a	5.38a	4.50a	4.17a	3.55b	4.63a	3.78a	4.28a	3.91a	4.88a	5.01a	4.12a	3.89a	5.01a	0	5.33
H'	0.68a	0.57a	0.67a	0.47a	0.68a	0.56a	0.82a	0.53a	0.65a	0.65a	0.69a	0.56a	0.65a	0.66a	0.65a	0.55a	0.60b	0.77a	0.74a	0.52b	0.62a	0.65a	0	0.81
J'	0.73a	0.60a	0.68a	0.41b	0.73a	0.55a	0.78a	0.47b	0.69a	0.58a	0.69a	0.52a	0.75a	0.63a	0.75a	0.50a	0.67a	0.72a	0.71a	0.47b	0.66a	0.59a	0	0.80
DS	0.76a	0.64a	0.72a	0.54a	0.73a	0.62a	0.85a	0.56a	0.75a	0.69a	0.72a	0.64a	0.74a	0.71a	0.77a	0.61a	0.71a	0.76a	0.78a	0.57b	0.65a	0.62a	0	0.82
ED	0.83a	0.71a	0.78a	0.59a	0.80a	0.68a	0.90a	0.61a	0.80a	0.74a	0.78a	0.69a	0.83a	0.77a	0.86a	0.66a	0.78a	0.83a	0.84a	0.62b	0.73a	0.67a	0	0.89

D=riqueza; H'= Diversidade de Shannon-Weaver; J'=Índice de Equitabilidade de Shannon-Weaver; DS= Diversidade de Simpson; ED= Índice de Equitabilidade de Simpson. Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey. 1ª C = Primeira coleta; 2ª C = segunda coleta.

5.4- Distúrbio

Nenhum índice utilizado para mensurar os distúrbios ocorridos nas áreas foi diferente estatisticamente na primeira coleta (Tabela 5). Já na segunda coleta foi possível constatar qual sistema, quando implantado, causou maior distúrbio frente aos índices analisados (Tabela 6).

Na tabela 6 podemos observar que o IM foi estatisticamente menor no tratamento 2-L comparado aos sistemas 5-PL, 7-PF e 9-iLPF, os quais apresentaram os valores mais próximos às áreas de referência Mata e vegetação espontânea. Comparando os sistemas na primeira e segunda coleta, foi observada uma redução no IM em todos os sistemas avaliados na segunda coleta, exceto na área de Mata. O índice de maturidade modificado (IMm) não mostrou diferença significativa entre os tratamentos.

O Índice de maturidade (IM 2-5) considerando apenas nematoides de valor *c-p* de 2 a 5, apresentou valores similares entre os sistemas e as áreas de referência e também uma baixa variação para o IMm. (Tabela 6). O Índice de Parasita de Plantas (IPP) apresentou valores mais elevados na segunda coleta para todos tratamentos, assim como para as áreas de referência (Tabela 6).

Tabela 5. Índices utilizados para verificar distúrbios em 10 diferentes tratamentos, mais área de Mata e Vegetação espontânea (VE). Resultado referente a média de quatro repetições. Sinop-MT.

	PRIMEIRA COLETA										Mata	VE
	1-F	2-L	3-P	4-LP	5-PL	6-LF	7-PF	8-iLPF	9-iLPF	10-iLPF		
IM	1.36a	1.25a	1.65a	1.78a	1.55a	1.33a	1.41a	1.02a	1.10a	1.17a	0.57	0
IMm	2.83a	2.93a	2.76a	2.92a	2.77a	3.02a	2.84a	2.90a	2.99a	3.00a	2.73	0
IM 2-5	2.77a	2.87a	2.70a	2.85a	2.62a	2.97a	2.80a	2.80a	2.94a	2.95a	2.67	0
IPP	1.42a	1.65a	1.09a	1.13a	1.21a	1.68a	1.43a	1.87a	1.87a	1.81a	2.16	0

IM= Índice de Maturidade; IMm= Índice de Maturidade Modificado ; IM 2-5= Índice de Maturidade considerando nematoides com valores *c-p* de 2 a 5; IPP= Índice de Parasita de Plantas. Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Índice utilizado para verificar distúrbios aplicados em 10 diferentes tratamentos, mais áreas de Mata e Vegetação espontânea (VE). Resultado referente a média de quatro repetições. Sinop-MT.

	SEGUNDA COLETA										Mata	VE
	1-F	2-L	3-P	4-LP	5-PL	6-LF	7-PF	8-iLPF	9-iLPF	10-iLPF		
IM	0.74ab	0.08b	0.76a	0.27ab	0.93a	0.18ab	0.73a	0.35ab	0.85a	0.20ab	0.68	1.32
IMm	2.88a	2.97a	2.97a	2.96a	3.01a	2.97a	3.06a	2.98a	2.96a	2.97a	2.91	2.63
IM 2-5	2.80b	2.96a	2.93a	2.97a	3.02a	2.94ab	2.96a	3.00a	2.97a	2.97a	2.76	2.61
IPP	2.06a	2.25a	2.19a	2.70a	2.10a	2.77a	2.27a	2.66a	2.14a	2.78a	2.08	1.32

IM= Índice de Maturidade; IMm= Índice de Maturidade modificado ; IM 2-5= Índice de Maturidade considerando apenas nematoides com valores c-p de 2 a 5; IPP= Índice de Parasita de Plantas. Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

5.5- Via de decomposição da matéria orgânica

A relação micófago/bacteriófago (MF/BF) não mostrou um padrão similar entre os sistemas na primeira coleta. Maiores valores foram encontrados nas áreas de implantação dos sistemas 3-P, 7-PF e na Mata. Após dois anos de estabelecimento dos sistemas, na segunda coleta, todos os sistemas causaram alteração na relação MF/BF com diminuição dos valores, exceto no sistema 1-F que apresentou valor similar ao encontrado na primeira análise, porém ainda um valor baixo. A Mata apresentou os valores mais altos em ambas as amostragens (Figura 3). Nenhum sistema se assemelhou à área de Mata no que diz respeito ao padrão de decomposição da matéria orgânica nas duas coletas.

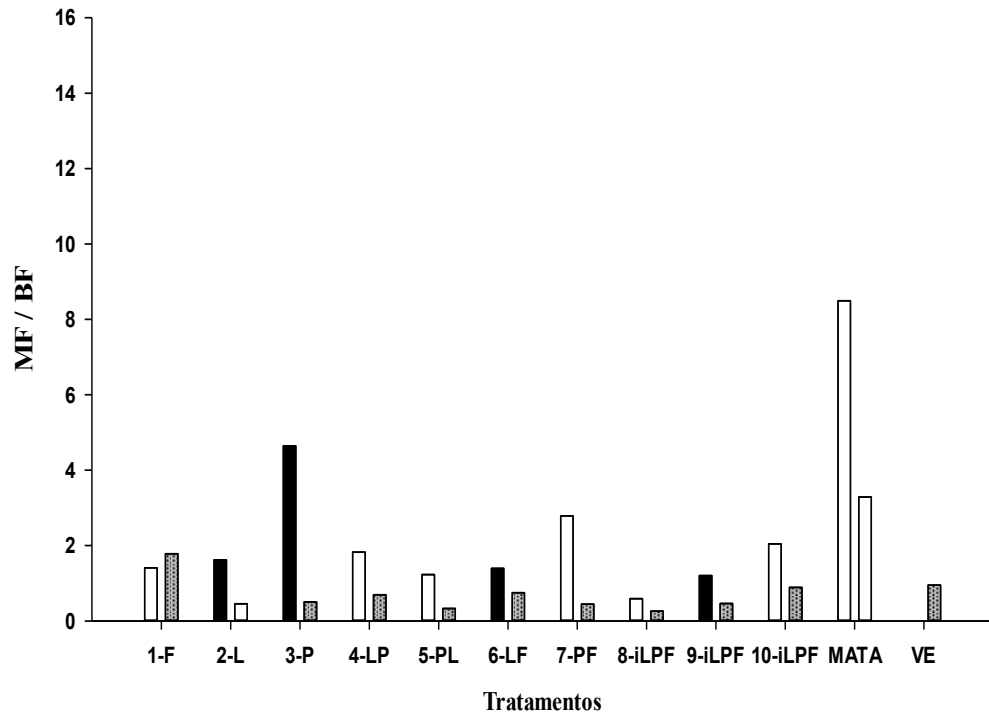


Figura 3. Via prevalente de decomposição da matéria orgânica antes (barra preta) e após (barra cinza) a implantação dos 10 sistemas mais área de mata e vegetação espontânea (VE) indicado pela relação micófungo/bacteriófungo(MF/BF). Valores referentes à média de 4 repetições.

A Figura 4 mostra a relação micófungo+bacteriófungo/Parasita de Plantas (MF+BF/PP) que indica a dominância de nematoides que se alimentam de microrganismos ou que praticam herbivoria. Pode-se observar nesta figura maiores valores sob a prática dos sistemas 3-P e 7-PF e menor valor na área de Mata na primeira coleta. Com a implantação dos sistemas, exceto o sistema 1-F e a área de Mata, todos reduziram o valor da relação MF+BF/PP, indicando uma predominância de nematoides que praticam herbivoria. A área de mata apresentou padrão similar nas duas coletas. Não foi possível comparar a área de vegetação espontânea.

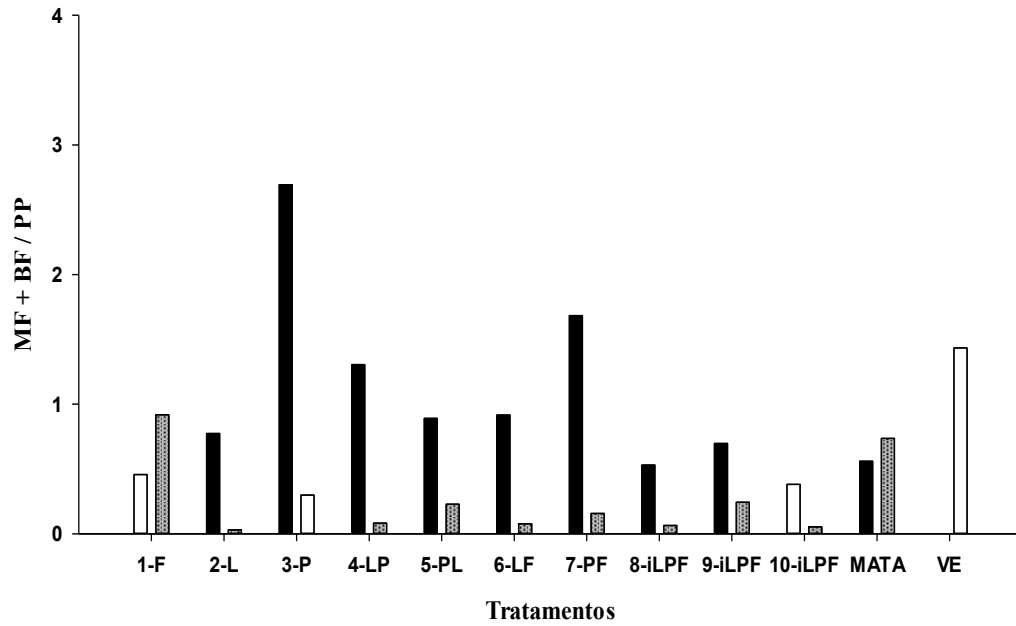


Figura 4. Dominância de nematoides que praticam herbivoria ou que se alimentam de microrganismos representado pela razão Micófago+Bacteriófago/Parasitas de Plantas (MF+BF/PP) nos 10 sistemas, área de Mata e área de vegetação espontânea (VE), antes (barra preta) e após (barra cinza) a implantação dos sistemas. Valores referentes à média de 4 repetições.

6- Discussão

6.1- Abundância Total

A área de Mata apresentou maior abundância total de nematoides na primeira coleta comparado aos sistemas, provavelmente devido ao fato do bioma cerrado possuir uma grande diversidade de fauna e flora, gerando um maior aporte de matéria orgânica assim como um maior volume de raiz (SANTIAGO, 2005) e as áreas destinadas à implantação dos sistemas se encontravam sem cultivo, portanto, menor volume de raiz e matéria orgânica. A segunda coleta mostrou aumento na abundância total em todos os sistemas, fato esse explicado pela elevação na população de nematoides parasitas de plantas, principalmente o gênero *Pratylenchus*, uma vez que a coleta foi realizada no final do ciclo da soja. Cultivos, principalmente monoculturas, tendem a favorecer alguns fitonematoídeos (YEATES, 1999), isso confirma o acréscimo na abundância de nematoides parasitas de plantas. Andrade (2004) estudou a comunidade de nematoídeo em oito diferentes sistemas de uso da terra no Mato Grosso do Sul e concluiu que as abundâncias totais aumentam frente a cultivos que recebem tratamentos culturais intensivos, como, pastagem com adubação e rotação de pastagem com soja.

6.2- Abundância Relativa

Os nematoides parasitas de plantas foram dominantes em todos os sistemas nas duas épocas de coleta, com abundâncias relativas elevadas dos gêneros *Helicotylenchus* e *Macroposthonia* na primeira coleta e os mesmos juntamente com *Pratylenchus* na segunda coleta. Tomazini (2008) relatou predominância do gênero *Helicotylenchus* em áreas de influência de diferentes usos agrícolas. Figueira (2008) mostrou maior abundância desse nematoídeo em condições de diferentes tipos de manejo e cobertura do solo e menor na área de Mata nativa do cerrado. Essa dominância de nematoides fitoparasitas pode estar relacionada com aumento do volume radicular com a implantação dos sistemas, uma vez que a densidade de fitonematoídeos é correlacionada com a distribuição do sistema radicular, segundo Norton (1978).

Somente a área de Mata, tida como referência, não teve o grupo dos micófagos e bacteriófagos reduzidos na segunda coleta, mostrando a influência dos sistemas sobre as comunidades microbianas. Os nematoides onívoros tiveram suas abundâncias reduzidas ao instalar os sistemas devido ao fato de estarem ocupando níveis superiores nas cadeias

alimentares e assim considerados sensíveis a mudanças ambientais (WASILEWSKA, 1997; NILES & FRECKMAN, 1998). O sistema 9-iLPF e a área de Mata foram os que menos causaram redução no grupo trófico Onívoro e o sistema 5-PL aumentou sua abundância na segunda coleta. O grupo trófico predadores forneceu contribuiu pouco no ecossistema, sua baixa dominância nos ecossistemas agrícolas já vem sido descrita por alguns pesquisadores (FRECKMAN & ETTEMA, 1993; MATTOS, 2002; TORRES *et al.*, 2006; TOMAZINI, 2008).

6.3- Diversidade, Equitabilidade e Riqueza

Na coleta realizada quando a área se encontrava sem cultivo, embora algumas parcelas tenham apresentado maiores valores dos índices de riqueza, diversidade e equitabilidade de Shannon-Weaver e Simpson, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Isso indica que a área destinada à implantação dos sistemas se encontrava de certa forma homogênea, permitindo inferir que qualquer alteração que ocorra na comunidade de nematoides, gerando índices estatisticamente diferentes após a implantação dos sistemas, foi ocasionada pelo manejo e condução dos mesmos. A área de Mata, ainda que tenha tido maior abundância total na primeira coleta, proporcionou menores valores dos índices. Segundo Andrade (2004) e Figueira (2008), nem sempre maiores abundâncias implicam em maiores diversidades.

Após a implantação dos sistemas, embora o valor da riqueza tenha aumentado, foi um parâmetro menos eficiente para diferenciar os sistemas na segunda coleta. Freckman e Ettema (1993) também consideraram o índice de riqueza pouco útil para distinguir comunidades quando estudaram oito diferentes sistemas compostos de culturas perenes e anuais, ao contrário de Tomanizi (2008) em que o mesmo índice foi eficiente em diferenciar os tratamentos.

Dos índices de diversidade, apenas o de Shannon-Weaver (H') e seu respectivo índice de equitabilidade (J') foram capazes de distinguir os sistemas, onde o sistema 2-L apresentou o menor valor de H' e J' comparado aos sistemas 7-PF, 9-iLPF e a área de vegetação espontânea (VE). Assim, o sistema 2-L mostrou dominância de alguns gêneros, pois, valores de J' muito baixo reflete em uma não distribuição normal dos nematoides na comunidade conforme DAGET (1976). Esse resultado vai de acordo com os trabalhos de Cares e Huang (1991) que afirmam que a utilização de monocultivos favorece determinado grupo de fitonematoides.

Bastante promissor mostraram-se os sistemas 7-PF e 9-iLPF apresentando os maiores valores para os índices de diversidade (H') e equitabilidade (J') de Shannon-Weaver, juntamente com a área de referência VE (vegetação espontânea), indicando que esses sistemas ocasionaram níveis menores de estresse no ambiente comparado aos demais sistemas. Gomes (2004) afirma que o aumento nos níveis de estresse ambiental tem sido relacionado ao decréscimo da diversidade, equitabilidade e riqueza, o que nos permite dizer que, os sistemas 7-PF e 9-iLPF nesses primeiros anos, são os mais indicados para se implantar visando um comportamento mais sustentável, também por possuírem os valores mais próximos da área de vegetação espontânea, a qual não sofreu nenhum tipo de manejo e que manteve os valores dos índices altos provavelmente devido ao fato que as plantas que naturalmente se estabeleceram, deram suporte aos processos ecológicos no solo, favorecendo as comunidades de nematóides.

Outro fator que implica em dizer que o sistema 9-iLPF se portou como um dos sistemas menos perturbado, foi o fato de apresentar maior abundância de onívoros, principalmente *Dorylaimus*, pois nematóides da família Dorylaimidae tem sido relatados como sensíveis à diversas práticas de cultivo (YEATES *et al.*, 1993; RODRIGUES *et al.*, 2011; ARIEIRA, 2012). Campos (2010) no seu trabalho mostrou que sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta utilizando Eucalipto como componente florestal juntamente com braquiária nos primeiros anos, assim como descrito para os sistemas 7-PF e 9-iLPF do presente trabalho, proporciona um melhor ecossistema para nematóides, principalmente de vida livre, que são os que se relacionam diretamente aos processos ecológicos do solo.

Quando aplicamos a análise estatística dos índices dentro de cada sistema entre as épocas de coleta, o sistema 9-iLPF foi o único que apresentou aumento em todos os índices e aumento significativo no índice de diversidade de Shannon-Weaver. Ao contrário, os sistemas 2-L e 4-LP proporcionaram redução de todos os índices da primeira para segunda coleta, dos quais o índice de equitabilidade de Shannon-Weaver diferiu significativamente, confirmando o que já havia sido concluído, ou seja, esses sistemas não apresentam distribuição normal dos nematóides na área, gerando dominância de alguns gêneros.

Com menores oscilações nos valores dos índices entre épocas, a Mata se mostra mais uma vez como um ambiente mais estável. Resultado semelhante foi constatado por Hanel (1995) ao estudar as comunidades de nematóides em campos cultivados submetido a pousio e prado, utilizando floresta de carvalho como testemunha.

6.4- Distúrbio

Os índices (IM, IMm, IM2-5 e IPP) utilizados para mensurar distúrbios ocorridos provindos dos sistemas, não apresentaram diferenças estatísticas na primeira coleta, momento em que as áreas se encontravam sem cultivo. Isso confirma a hipótese apresentada no presente trabalho de que a área em toda sua extensão se encontrava homogênea, assim como apresentado anteriormente pelos índices D, H', J', DS e ED. Portanto alterações significativas nos valores na segunda coleta foram ocasionadas pela implantação dos sistemas.

De alguma forma, todos os sistemas causaram algum nível de distúrbio, mostrados pela diminuição dos valores de IM que variou entre os sistemas de 0,08 a 0,93, exceto na área de Mata que apresentou aumento. Bongers (1990) classifica os níveis de perturbação variando o valor de IM de menos de 2 em ambientes com elevada perturbação até 4 em ambientes mais estáveis.

O menor valor do IM foi encontrado no sistema 2-L e os maiores valores nos sistemas 5-PL, 7-PF e 9-iLPF, sendo estes os que mais se aproximaram da área de vegetação espontânea a qual foi tida como referência. Assim, o sistema 2-L se apresenta como o mais perturbado e os sistemas 5-PL, 7-PF e 9-iLPF os que menos sofreram perturbação, se portando como ambientes ecologicamente mais estáveis pois se assemelharam à área de vegetação espontânea a que não sofreu nenhum manejo.

A área de Mata se confirmou como uma referência de ambiente mais estável. Embora tenha apresentado baixo valor de IM foi a área que manteve os valores próximos nas duas coletas. Diversos trabalhos apontam a Mata nativa como ambiente mais estável quando comparadas a áreas de cultivo (HANEL, 1995; MATTOS 1999; TOMAZINI 2008).

No índice de maturidade modificado (IMm), a presença do grupo trófico Parasitas de Planta nos cálculos, proporcionou valores semelhantes entre os sistemas na segunda coleta, não diferindo estatisticamente nenhum sistema. No entanto o menor valor no sistema 1-F ocorreu devido ter sido o sistema que menos sofreu influência do grupo Parasita de Plantas principalmente do gênero *Pratylenchus* nessa segunda coleta.

O índice de maturidade para nematoide com valor *c-p* variando de 2 a 5 (IM 2-5) mostrou pouca oscilação nos valores de IMm e IM2-5, indicando que nematoides com valor *c-p* igual a 1, considerados colonizadores-oportunistas, não influenciaram nos cálculos do IMm. Resultado semelhante foi encontrado por Figueira (2008) ao utilizar nematoides como indicadores de qualidade do solo em agroecossistemas. Baixas

abundâncias relativas foram encontradas de nematoides com valor $c-p=1$, isso pode ser devido ao fato do plantio nos sistemas terem ocorrido sob sistema de plantio direto, não havendo incorporação da matéria orgânica, processo pelo qual favorece o aparecimento de espécies $c-p=1$ (ETTEMA & BONGERS, 1993; FERRIS *et al.*, 1996).

O índice de Parasitas de Plantas (IPP) apresentou maiores valores na segunda coleta devido ao aumento na abundância do grupo trófico Parasita de Plantas, não diferindo entre os sistemas. Dispondo de menor quantidade de fitoparasitas, a área de vegetação espontânea (VE) foi a que possuiu menor valor de IPP. Esse resultado indica que os sistemas foram enriquecidos em níveis semelhantes, pois o IPP tende a responder em ambientes enriquecidos e/ou estressados de forma que o IM decresce (BONGERS *et al.*, 1997; NEHER 2001), como o ocorrido no presente trabalho.

Mondino (2010) em análises realizadas sobre as comunidades de nematoides no ecossistema do Pampa Austral da Argentina relatou uma relação inversa do IPP e o IM quando avaliou diferentes sistemas de cultivo nas quatro estações do ano de 2006, concluindo o IPP como um índice eficiente em indicação de distúrbio. A mesma conclusão foi descrita por vários autores (MONDINO, 2009; RODRIGUES, 2011; ARIEIRA, 2012). Assim, podemos indicar o IPP como um bom índice na avaliação de distúrbio, por apresentar uma relação inversa ao IM. Uma vez que, caso isso não ocorra, o IPP não deve ser considerado eficiente para avaliar efeito dos sistemas no ambiente (OKADA & HARADA, 2007).

A Mata também gerou valores altos do IPP, semelhante estatisticamente aos sistemas na segunda coleta, no entanto, isso não indica que ocorreu distúrbio nessa área. A maior abundância do gênero *Discocriconemella* (família Criconematidae) foi o principal fator dos altos valores de IPP na Mata, excluindo a possibilidade de distúrbio sendo esse nematoide sensível ao mesmo. Gêneros da família Criconematidae têm sido relatados nos trabalhos, apresentando uma predileção a viver em ambientes sem intervenção agrícola (TOMAZINI, 2008; MONTEIRO, 2008a; ARIEIRA, 2012).

6.5- Via prevalente de decomposição da matéria orgânica e dominância de nematoides que praticam herbivoria ou que se alimentam de microrganismos

Com os maiores valores da relação MF/BF (Micófago/Bacteriófago) nas áreas dos sistemas 3-P, 7-PF e na área de Mata na primeira coleta, sugere-se que há uma maior influência de fungos na decomposição da matéria orgânica do que de bactérias, comparativamente às demais áreas. Na segunda coleta todos os sistemas ocasionaram diminuição dos valores de MF/BF, ou seja, houve um aumento no número de bactérias decompositoras. Gomes (2003) também afirma que populações de bactérias tendem a aumentar na estação chuvosa do ano. Nas duas coletas a Mata apresentou maiores valores de MF/BF, mostrando que os fungos são os principais organismos decompositores desse ambiente. Isso ajuda a explicar a maior abundância de micrófagos nessa área. Vários trabalhos têm relatado fungos como principal microrganismo decompositor em áreas de Mata nativa equiparado a sistemas de cultivo (FIGUEIRA, 2008; MATTOS, 1999 e 2006; RODRIGUES, 2011). Com isso percebemos que nenhum sistema se comportou semelhante à área de Mata.

A razão MF+BF/PP (Micófago+Bacteriófago/Parasitas de Planta) sob a influência dos sistemas, indicou a dominância de nematoides que praticam herbivoria sobre os que se alimentam de microrganismos, exceto no sistema 1-F onde os valores foram superiores na segunda coleta. A variação dos valores de MF+BF/PP entre as amostragens foi bastante expressiva comparada à área de Mata tida como referência de ambiente mais estável e que oscilou menos. Essa oscilação nos sistemas, assim como no trabalho de Figueira (2008) apresentou um comportamento correlacionado com a abundância dos grupos tróficos.

7- Conclusões

- A área de Mata mostrou-se mais estável apresentando menor oscilação nos valores dos índices estudados entre as coletas.
- O índice de riqueza não foi eficiente para distinguir a comunidade de nematoides sob influência dos sistemas.
- As medidas de diversidade e demais índices estudados mostraram os sistemas 7-PF e 9-iLPF como os sistemas que causaram menores distúrbios no ambiente e o sistema 2-L foi o que causou maiores distúrbios.

- O índice de parasitas de plantas (IPP) se portou de forma coerente com o descrito na literatura, mas não distinguiu qual sistema ocasionou maior distúrbio.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHO, C.J.R.; MARTINS, E.S. De grão em grão, o cerrado perde espaço (Cerrado - Impacto do processo de ocupação). **WWF- Fundo Mundial para a Natureza**. Brasília. 1995.
- ALVARENGA, C. R.; NETO, G. M. M.; RAMALHO, H. J.; GARCIA, C. J.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, N. D. A. A. Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. **Circular técnica**, Sete Lagoas-MG. p. 1-9, ISSN 1518-4269, 2007.
- ALVARENGA, C.R. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 59-67, jul/ago. 2010.
- ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 23: 933-942, 1999.
- ANDRADE, E.P.; HUANG, S.P.; MIRANDA, C.H.B. Comunidade de nematoides em oito sistemas de uso da terra em Mato Grosso do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 186, 2004.
- ARIEIRA, G.O. **Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e manejo do solo**. 2012. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- ARIEIRA, O.G. Por que os nematoides são bons bioindicadores. Disponível em: <nematobrasil.blogspot.com.br/2011/06/por-que-os-nematoides-são-bons.html>. Acesso em: 14 jun. 2012.
- BERNARDES, M.S. **Sistemas Agroflorestais**. In: XXXIII SECITAP. Jaboticabal: UNESP, Palestra, 2008.
- BLOEMERS, G.F.; HODDA, M.; LAMBSHEAD, P.J.D.; LAWTON, J.H.; WANLESS, F.R. The effects of forest disturbance on diversity of tropical soil nematodes. **Oecologia**, v. 111, n. 4, p. 575-82, 1997.
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, v.83, p. 14 – 19, 1990.
- BONGERS, T., KORTHALS, G. **The maturity index, an instrument to monitor changes in the nematode community structure**. Summaries of the 45 th International symposium on Crop protection, Gent, Belgium. p,80. 1993.

- BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil Ecology**. 10:239-251, 1998.
- BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 4, n. 6, 1999.
- BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. Bailey (ed.). Global warming and other eco-myths. **Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA**. pp. 29-60, 2002.
- CAMPOS, D.T.S.; SCARAMUZZA, W.L.M.P.; WRUCK, F.J.; COBUCCI, T.; Stieven, A.C. Relatório parcial de atividades 2010/01: Comportamento microbiano em solos sob o sistema de lavoura pecuária floresta. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 23p. 2010.
- CARES, J.E. Nematóides como indicadores ambientais de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 26., 2006. Campos dos Goytacazes. **Anais ...Campos dos Goytacazes: SBN**, p. 14-16, 2006.
- CARES, J.H. AND HUANG, S.P. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of central Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16: 199-209, 1991.
- CARVALHO, J.P.; COIMBRA, J.L.; SANTOS, F.S. Diversidade de fitonematoides em áreas nativas e de agricultura no cerrado baiano. **Magistra-Cruz das Almas**, v.23, n.4, p. 262-267, out/dez, 2011.
- DAGET, J. Les modèles mathématiques en écologie. **Masson**, Paris. 172pp. 1976.
- DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C.A.M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, v.22, n.3, 1999.
- DANTAS, M. Aspectos ambientais dos sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...Colombo: Embrapa-CNPf**, p.433-453, 1994.
- ELLIOT, C.A. Diversity index. In: Principles of managing forest for biological diversity. Englewood Cliffs NJ. Prentice Hall. 370 p. 1990.
- ETTEMA, C.H.; BONGERS, T. Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the Maturity Index. **Biology and Fertility Soils**, v. 16. p. 79-85, 1993.
- FERRIS, H.; VENETTE, R.C.; LAU, S.S. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility. **Applied Soil Ecology**, v. 3. p. 161-175, 1996.
- FIGUEIRA, A.F. **Nematóides como indicadores de qualidade do solo em agroecossistemas no cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul**. 2008. 63p. Tese (Doutor em Agronomia, Ciência do Solo) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

- FRECKMAN, D.W. Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 24, n. 1/3, p. 195-217, 1988.
- FRECKMAN, D.W.; ETTEMA, C.H. Assessing nematode community in agroecosystems of various human intervention. **Agriculture, Ecosystem and Environment** v.45, p. 239 - 261, 1993.
- FREITAS, P. L. Sistemas conservacionistas, baseados no plantio direto e na integração lavoura-pecuária, como instrumentos efetivos de manejo e conservação do solo, da água, do ar e da biodiversidade. In: REUNIÃO TÉCNICA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2001, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Agencia Nacional de Águas, 2001.
- GLIESSMANN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 658 p, 2001.
- GOMES, A.S.; FERREIRA, S.P. **Apostila: Análise de Dados Ecológicos**. Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 30p. 2004.
- GOMES, F.A.M.; FILIZOLA, F.H. **Embrapa Meio Ambiente. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Jaguariúna, 2006.
- GOMES, G.S.; HUANG, S.P.; CARES, J.E. Nematode community, tropic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 258-266, 2003.
- GOULART, A.M.C. **Diversidade de nematóides em áreas de vegetação nativa e cultivada em São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil**. 2002. 151f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.
- GOULART, A.M.C.; FERRAZ, L.C.C.B. Comunidades de nematóides em Cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. **Nematologia Brasileira**, v. 27, p. 129-137, 2003.
- HANEL, L. Secondary successional of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. **Nematologica**, Leiden, v. 41, n. 2, p. 197-218, 1995.
- HOPPER, D.J. Handling, fixing, staining and mounting nematodes. In: Laboratory methods of work with plant soil nematodes. J.F. Southey Laboratory methods for work with plant soil nematodes. J.F. SOUTHEY ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, Herts, Technology Bull., 2: 34-38, 1970.
- HUANG, S.P.; CARES, J.H. Community composition of plant-parasitic nematodes in native and cultivated cerrados of Central Brazil. **Journal of Nematology**, v. 27, n. 2, p. 237-243, 1995.
- HUGOT, J.P.; BAUJARD, P.; MORAND, S. Biodiversity in helminthes and nematodes as a field study: an overview. **Nematology**, Leiden, v. 3, p. 199-208, 2001.

- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.692, 1964.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B; A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p. 148-155, 2005.
- LAL, R. Tillage an agricultural sustainability. **Soil & Tillage Research**. n.20, p. 133-146. 1991.
- LEAKEY, R.R.B. Definition of agroforestry revisited. **Agroforestry Today**, v.8, n.1, p.5-7, 1996.
- LOREAU, M. Microbial diversity, producer-decomposer interaction and ecosystem processes: a theoretical model. **Biological Sciences**, v. 268, n.1464, p. 303-309, 2001.
- MACHADO, R.B.; NETO, M.B.R.; PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.; SANTOS, N.; TABOR, K.; TABOR & STEININGER. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservation International do Brasil, Brasília. 2004.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurements**. Cambridge, UK. University Press. 179p. 1988.
- MAI, W.F.; MULLIN, P.G.; LION, H.H.; LOEFFLER, K. **Plant parasitic nematodes; a pictorial key to genera**. Ithaca: Cornell University Press, 1996. 277p.
- MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. & ARAÚJO FILHO, J.A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, 30:837-848, 2006.
- MARANHÃO, S.R.V.L. **Comunidade, Dinâmica Populacional e Variabilidade Espacial de Nematóides em áreas de cultivo da Cana-de-Açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas no Noroeste**. 2008. 127f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.
- MARQUES, L.C.T. **Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará**. 1990. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.
- MATTOS, J.K.A. **Caracterização das comunidades de nematóides em oito sistemas de uso da terra no cerrado central do Brasil**. 113f. Tese (Doutorado em Fitopatologia)– Curso de Pós-Graduação em Fitopatologia. Universidade de Brasília. Brasília.
- MATTOS, J.K.A. Nematóides do solo como indicadores da interferência humana nos sistemas naturais: aspectos gerais e alguns resultados obtidos no Brasil. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. v.10, p. 373 - 390, 2002.
- MATTOS, J.K.A.; HUANG, P.S.; PIMENTEL, M.M.C. Grupos Tróficos da Comunidade de Nematóides do Solo em oito Sistemas de Uso da Terra nos

- Cerrados do Brasil Central. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p. 267-273, 2006.
- MEDRADO, M.J.S. **Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações**. In: GALVÃO, A.P.M. (Org.). Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Colombo, PR Embrapa Florestas, p.269-312, 2000.
- MIKOLA, J. Effect of microbivore species composition and basal resource enrichment on trophic level biomasses in an experimental microbial based soil food web. **Oecologia**, v. 117, n. 3, p. 396-403, 1998.
- MITTERMEIER, R.A.; GIL, P.R.; MITTERMEIER, C.G. **Megadiversidad-los países biológicamente más ricos del mundo**. CEMEX. Mexico, MX. 1997.
- MITTERMEIER, R.A.; MYERS, N.; MITTERMEIER, C.G. Hotspots: earth's biologically richest and most indangered terrestrial ecoregions. **Conservation International**. Sierra Madre and Agropalma. 1999.
- MONDINO, E.A. **Comunidade de nematóides do solo, no ecossistema do Pampa Austral da Argentina, sob diferentes sistemas de cultivo**. 2010. 102f. Tese (Doutorado em Ciências) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- MONDINO, E.A.; TAVARES, O.C.H.; EBELING, A.G.; FIGUEIRA, A.F.; QUINTERO, E.I.; BERBARA, R.L.L. Avaliação das comunidades de nematoides do solo em agroecossistemas orgânicos. **Acta scientiarum agronomy** 31(3): 509-515. 2009.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-858. 2000.
- NEHER, D.A. Role of nematode in soil health and their use as indicator. **Journal of Nematology**. 33(4): 161-168. 2001.
- NEILSON, R. Nematode ecology: a current perspective. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 25., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2005. p. 18-23.
- NILES, R.K.; FRECKMAN, D.W. From the ground up: nematode ecology in bioassessment and ecosystem health. In: BARTELS, J.M. (Ed.). **Plant and nematode interactions**. Madison: ASA:CSSA:SSSA, p. 65-85, 1998.
- NORTON. D.C. **Ecology of plant parasitic nematodes**. John Wiley & Sons New York: 268p. 1978.
- OKADA, H.; HARADA, H. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean Field. **Applied Soil Ecology**, v. 35, p. 582-598, 2007.
- PEREIRA, R.T.G.; SOUZA, A.D.; GOMES, R.J. **Implantação de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em propriedades da agricultura familiar da Zona da Mata de Minas**, Cap 4, p. 61-68 in: TORRES, R.A.;

- OLIVEIRA, V.A.; RODRIGUES, C.A.F. (eds) Políticas e tecnologias para o desenvolvimento da pecuária de leite familiar da Zona da Mata Mineira, Embrapa Gado de Leite: Juiz de Fora. 128 p. 2009.
- PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. **Food, energy and society**. Niwot: University Press of Colorado, 363 p. 1996.
- PORAZINSKA, D.L.; DUNCAN, L.W.; MCSORLEY, R.; GRAHAM, J.H. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. **Applied Soil Ecology**, v.13, p. 69-86, 1999.
- RAHMAN, L.; WECKERT, W.A.M.; HUTTON, J.R.; ORCHARD, B. Impact of floor vegetation on the abundance of nematode trophic groups in vineyards. **Applied Soil Ecology**. Published by Elsevier, 2009.
- RODRIGUES, C.S. **Comunidades de nematoides associadas às principais fitofisionomias do cerrado do Parque Nacional de Brasília**. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Departamento de Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Brasília-DF.
- SÁNCHEZ-MORENO, S.; FERRIZ, H. Suppressiveness of the soil food web: Effects of environmental management. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 119(1-2): 75-87. 2007.
- SANTIAGO, J.; JÚNIOR, M.C.S.; LIMA, L.C. Fitossociologia da regeneração arbórea na Mata de galeria do Pitoco (IBGE-DF), seis anos após fogo acidental. **Scientia forestalis** 67: 64-77. 2005.
- SANTOS, J.D.; KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; CULLEN, L. Uso de SAFs na restauração de paisagens fragmentadas, em assentamentos no Pontal do Paranapanema (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS: Manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 2000, Manaus, AM. **Resumos Expandidos...**, Manaus: Embrapa-Amazônia Ocidental, p.400-402. (Documentos, 7), 2000.
- SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. Bell System. **Technical Journal**. 27: 379-423, 623-656. 1948.
- SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. **Nature** 163: 688. 1949.
- TOMAZINI, M.D. **Caracterização das comunidades de nematoides em mata nativa e áreas contíguas submetidas a diferentes tipos de uso agrícola em Piracicaba (SP)**. Piracicaba. 2008. 67f. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo.
- TOMAZINI, M.D.; FERRAZ, L.C.C.B.; MONTEIRO, A.R. Abundância e diversidade de nematoides em áreas contíguas de vegetação natural e submetidas a diferentes tipos de uso agrícola. **Nematologia Brasileira**, v.32, n. 3, p. 185-193, 2008a.
- TORRES, G.R.C.; PEDROSA, E.M.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; MICHEREFF, S.J.; MOURA, R.M. Aspectos ecológicos de comunidades de nematoides associada a

- cultivo de *Cucumis melo* no Rio Grande do Norte. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 1-19, 2006.
- TURCO, R.F.; BLUME, E. **Indicators of soil quality**. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.G.R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Org.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS ; Lavras: UFLA/DCS, p. 529-549, 1999.
- WASILEWSKA, L. Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soil-inhabiting nematodes. **Russian Journal of Nematology**, Moscow, v. 5, n. 2, p. 113-126, 1997.
- WASILEWSKA, L. The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. **Pedobiologia**, v. 38, n. 1, p. 1-11, 1994.
- WHEELER, Q.D. Biodiversity and conservation systematic. In: WHEELER, Q.D. The scientific basis for inventories of biodiversity. 5 ed. **Springer Netherlands**, p. 476-489. v.4, 1995.
- WHITFORD, W.G.; FRECKMAN, D.W.; SANTOS, P.F.; ELKINS, N.Z.; PARKER, L.W. Role of Nematodes in decomposition in desert ecosystems. In: FRECKMAN, D.W. (Ed). **Nematodes in soil ecosystems**. Austin: University of Texas Press, p. 98-116, 1982.
- YEATES, G.W. Effects of plants on nematode community structure. **Ann. Rev. Phytopathology**. v. 37: 127-149. 1999.
- YEATES, G.W. Modification and qualification of the nematode Maturity Index. **Pedobiologia**. v.38, p. 97- 101, 1994.
- YEATES, G.W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74: 113-135.1999.
- YEATES, G.W.; BONGERS, T.; DE GOEDE, R.G.M.; FRECKMAN, D.W.; GEORGIEVA, S.S. Feeding habits in nematode families and genera: an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 3, p. 315-331, 1993.
- YEATES, G.W.; FERRIS, H.; MOENS, T.; VAN DER PUTTEN, W.H. The role of nematodes in ecosystems. In: WILSON, M.J.; KAKOULI-DUARTE, T. **Nematodes as environmental indicators**. Wallingford: CABI, p. 1-44, 2009.

CAPITULO II: GEOESTATÍSTICA COMO FERRAMENTA NA ANÁLISE DE NEMATOIDES

RESUMO

COUTINHO, Raul Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Geoestatística como ferramenta na análise de nematoides.** Orientador: Leandro Grassi de Freitas.

A geoestatística é uma metodologia para a análise de dados espacialmente correlacionados. Inicialmente era uma ferramenta utilizada muito para análise de variabilidade espacial de propriedades do solo hoje vem sendo aplicada a diversas áreas inclusive na nematologia. Três conceitos de geoestatística são relevantes para a questão da distribuição espacial de nematoides: modelagem semivariograma, krigagem, e mudança de cálculos de apoio. O semivariograma é a ferramenta básica que dá suporte às técnicas de krigagem, permitindo representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço atendendo um dos objetivos da geoestatística, que é encontrar a equidistância e número ideal de amostra para que se tenha uma análise representativa da variável em estudo. Com isso, o objetivo do trabalho foi demonstrar a geoestatística como ferramenta para aperfeiçoar o número e distância ideais de amostragem para que se tenha uma análise representativa do nematoide na área em estudo. Para as análises foi utilizado o mesmo experimento e as mesmas amostras do primeiro capítulo deste trabalho. O que nos permitiu prosseguir com o segundo capítulo foi o georeferenciamento das amostras e as identificações e quantificações dos nematoides presentes na área. Apenas a distribuição de alguns nematoides foi capaz de fornecer informações precisas da distribuição e dependência espacial apresentando modelagem no semivariograma. Através da análise semivariográfica que mostra a dependência espacial entre duas amostras, foi possível encontrar um ideal de amostragem para 5 nematoides dos 25 gêneros encontrados nas atuais condições do experimento, *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* e *Tobrilus*. O modelo que se ajustou no semivariograma para o nematoide *Aphelenchoides* foi o esférico indicando um alcance (dependência espacial) de 43,11 metros entre as amostras e para os demais nematoides *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* e *Tobrilus* o modelo exponencial mostrou melhor ajuste indicando uma dependência espacial de 50,97, 51,44, 44,79 e 39,67 respectivamente. Esses valores indicam que para que se tenha uma amostra representativa dos nematoides *Aphelenchoides*, *Acrobeles* e *Tobrilus* seriam necessárias duas amostragens compostas por hectare coletando a pelo menos a distância do valor do alcance de uma amostra a outra. E para os nematoides *Ditylenchus* e

Tylenchus seriam necessárias 3 amostragens a cada dois hectares. Não foi possível determinar a dependência espacial dos demais nematoides, pois apresentaram pontos muito dispersos no semivariograma, ou ocorreu o “efeito pepita puro”, sugerindo um maior número de amostras a distâncias menores para se conseguir obter a dependência espacial desses nematoides. No entanto, a geoestatística se afirma como uma ótima ferramenta para definir número e distância ideal de amostragem para que se tenha uma análise representativa do nematoide na área.

ABSTRACT

COUTINHO, Raul Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. February, 2014. **Nematodes analysis by geoestatistic.** Advisor: Leandro Grassi de Freitas.

Geostatistical analysis is a methodology for the analysis of spatially correlated data. Three concepts of geostatistics are relevant to the spatial distribution of nematodes: semivariogram modeling, kriging, and shift calculations support. The semivariogram is the basic tool that supports the kriging techniques. Before that, the objective of this paper was to demonstrate the geostatistics as a tool to improve the number and optimal sampling distance in order to have a representative analysis of nematodes in specific areas. The sample collecting was made at the Experiment Area from Embrapa Agrossilvipastoril Sinop/MT. Nematodes which fitted in a semivariograma showed accurate information about distribution and spatial dependence. Through semivariogram analysis was possible to find an ideal sampling number for 5 nematodes genres (*Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* and *Tobrilus*) amongst the total genres found (25 genres) . The semivariogram adjusted to nematode *Aphelenchoides* had the spherical model fitted to the data indicating a range of 43,11 meters. For *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* and *Tobrilus* the exponential model showed better fit, what indicated a spatial dependence of 50.97; 51.44; 44.79 and 39.67 meters, respectively. In order to get a good sampling, each sample must be collected using these range values between samples previously showed. These values indicated that, two composite samples per hectare using the range values are necessary to have a representative sampling of *Aphelenchoides*, *Acrobeles* and *Tobrilus* genres. About *Ditylenchus* and *Tylenchus* genres, 3 sampling would be needed per 4.942 acres. For the other genres, this paper was not able of finding any spatial dependence. According to

this work, the geostatistics is an important tool for estimating the distance and optimal number of samples to evaluate nematodes populations in this area.

9- Introdução

A teoria da variável regionalizada, popularmente conhecida como geoestatística, é uma metodologia para a análise de dados espacialmente correlacionados (CLARK, 1979). Inicialmente era uma ferramenta utilizada muito para análise de variabilidade espacial de propriedades do solo (FREITAS, 2000), hoje vem sendo aplicada para diversos outros estudos como, análise espacial de plantas daninhas (SHIRATSUCHI, 2001), cigarras (SOARES *et al.* 2008) e nematoides (DINARDO-MIRANDA & FRACASSO, 2009). Geralmente a distribuição de nematoides no campo ocorre em reboleiras (FERRIS & WILSON, 1987) o que implica a dependência espacial subjacente em dados de nematoides, assim a estatísticas convencionais são inadequadas para descrever os dados que são espacialmente correlacionados (WALLACE & HAWKINS, 1994).

A geoestatística é uma ferramenta indispensável na agricultura de precisão, pois é através dela que se alcança as principais vantagens de tal tecnologia, tais como: redução dos custos de produção, dada a aplicação diferenciada dos insumos; tomada de decisão rápida e certa; maior produtividade na lavoura e melhorias no meio ambiente pelo menor uso de defensivos (BATCHELOR *et al.*, 1997; GENTIL & FERREIRA, 1999)

Três conceitos de geoestatística são relevantes para a questão da distribuição espacial de nematoides. Trata-se de modelagem semivariograma, krigagem, e mudança de cálculos de apoio. Segundo Huijbregts (1975), o variograma ou semivariograma é a ferramenta básica que dá suporte às técnicas de krigagem, permitindo representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço. Salviano (1996) ainda afirma esse conceito indicando o semivariograma para mostrar o grau de dependência entre as amostras dentro de uma área ou campo experimental e através dele pode-se definir parâmetros os quais permite estimativas de valores para locais não amostrados, pode ser estimado através da seguinte expressão: $\gamma^* = 1/(2N_{(h)}) \sum [Z(i) - Z(i+h)]^2$, onde:

- γ^* : semivariograma empírico.
- h: distância.

- $Z(i)$: densidade de nematoide na posição i .
- $N_{(h)}$: número de pares de pontos separados por h .

Dentre os objetivos da geoestatística se encontra sua utilização para encontrar a equidistância e número de amostras ideal para que se tenha uma análise representativa da área, estudando o comportamento espacial dos dados (SOUZA, 2002). A determinação do tamanho de amostras geralmente está ligada a algum objetivo de interesse principal, pois em função dessa amostra deseja-se conhecer as características fundamentais da população em estudo. Dessa forma, o tamanho da amostra deve ser tal que conecte a precisão, o erro máximo de amostragem permitido, o tamanho da população e propicie a redução dos custos operacionais (SANTOS, 2011). A metodologia citada por Cochran (1977) a qual faz a conexão das variáveis estudadas para determinar tamanhos ótimos de amostras utilizadas em seus estudos tem sido empregada por vários autores (MARODIM, 2000; LORENTZ *et al.*, 2004). Com isso, o objetivo do trabalho foi demonstrar a geoestatística como ferramenta para aperfeiçoar o número e distância ideais de amostragem para que se tenha uma análise representativa do nematoide na área em estudo.

10– Revisão de Literatura

10.1- Geoestatística e seu uso na fitopatologia

Existem ferramentas que podemos usufruir para reduzir o erro nos cálculos dos índices estudados no capítulo anterior, ferramentas que dão suporte, por exemplo, na quantidade e distância ideal de amostragem que se deve realizar para se obter uma análise representativa da área. A aplicação de novas tecnologias no campo, obtida com o uso de ferramentas embasadas nas técnicas da geoestatística e sistema de informação geográfica podem contribuir para minimizar os erros de amostragem (QUARTEZANI, 2008) e assim, permitir uma avaliação mais precisa do ambiente em estudo.

A geoestatística é um ramo da estatística que se preocupa em considerar o tempo e espaço das variáveis em estudos (DEUTSCH & JOURNAL, 1998). Goovaert (1997) afirma o conceito quando define geoestatística como um conjunto de ferramentas estatísticas que incorporam no processamento as coordenadas espaciais das observações. Em geral, os objetivos da geoestatística consistem em: a) descrever o

comportamento espacial dos dados; b) estimar o valor médio de uma variável numa área ou volume; c) estimar o valor desconhecido numa dada localização; d) usar os valores conhecidos de uma variável para estimar os valores de outra variável; e) estimar a distribuição de valores de uma variável numa área ou volume, (SOUSA, 2002). A principal característica utilizada das variáveis regionalizadas utilizadas na geoestatística é a sua variabilidade espacial e sua modelagem e entendimento vem afirmando o seu potencial estudo na geoestatística (MONTEBELLER, 2005).

Para determinar a necessidade do uso de ferramentas geoestatística utiliza-se o semivariograma. O semivariograma é responsável por demonstrar a dependência espacial entre as amostras. Segundo Tringmar (1985), existem três parâmetros a serem considerados em um semivariograma, os quais são possíveis de serem vistos quando algum modelo é ajustado nos pontos amostrados, são eles (Figura 1):

1- Alcance (A) ou “range”: determina até que distância as amostras são dependentes espacialmente. Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras.

2- Patamar (C) ou “sill”: corresponde ao valor da assíntota do modelo que se ajustou aos dados amostrados.

3- Intercepto (C_0) ou “nugget”: representa a variância para uma distância igual a zero. Este parâmetro é considerado como um erro amostral, pois amostras retiradas do mesmo ponto, teoricamente deveriam ter valores iguais ou semelhantes, assim, quanto mais próximo de zero é o intercepto, mais confiável dizer que a variância dos dados pode ser explicada pela dependência espacial dos mesmos (ZANIN *et al.*, 1998).

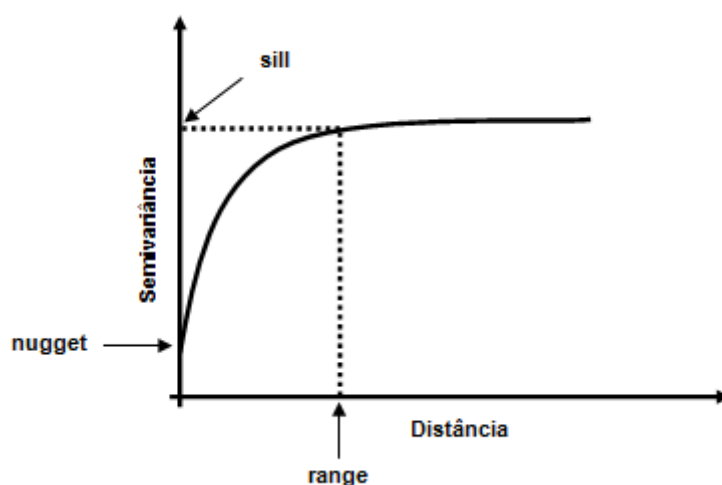


Figura 1. Principais parâmetros de um semivariograma.

A análise semivariográfica permite ser aplicada com diferentes objetivos na fitopatologia, dentre eles, apresentar distribuição espacial de infestações de algum patógeno, permitindo direcionar as técnicas de controle nas áreas de maior infestação do patógeno (SILVA *et al.*, 2000). Zucoloto *et al.* (2009), verificaram a dependência espacial da probabilidade de ocorrência da manifestação do mal-do-Panamá no primeiro ciclo da bananeira Prata Anã. Assim ele conseguiu, utilizando krigagem indicativa, mostrar as áreas onde há maior tendência de ocorrência da doença indicando as medidas preventivas a serem tomadas, evitando que a doença cause sérios prejuízos na área. Ainda por meio de krigagem, Uchôa (2011) caracterizou a variabilidade espacial da sigatoka-negra para verificar sua relação com fertilidade do solo e constatou pela construção de mapas de krigagem gerados a partir de semivariogramas, uma relação negativa da severidade da doença com teores de potássio, ou seja, em áreas com níveis mais altos de potássio, menor era a severidade da doença e uma relação positiva com teores de enxofre no solo.

A krigagem é uma ferramenta da geoestatística que utiliza o semivariograma em sua modelagem. É um método de interpolação de dados criado por Daniel G. Krige em 1951 a fim de evitar superestimação de reservas em áreas de mineração (DELFINER & DELHOMME, 1975). Hoje pode ser usado como um meio de prever densidades populacionais de nematoides em regiões vizinhas ao ponto amostrado (WALLACE & HAWKINS, 1994). Maranhão (2008), caracterizou a magnitude da dependência espacial das densidades populacionais de *Pratylenchus* sp. em raízes de cana-de-açúcar e mapeou sua densidade usando krigagem. Farias *et al.* (2002) utilizaram krigagem ordinária para gerar mapas de distribuição de *Rotylenchulus reniformis* na cultura do algodão mostrando em que área houve maior ocorrência da espécie, servindo como uma estratégia de manejo.

11- Material e Métodos

11.1- Localização, descrição e histórico da área

A área utilizada para amostragem localiza-se na unidade de pesquisa da Embrapa-Agrossilvipastoril, situada no município de Sinop ao norte do Estado do Mato Grosso, em uma região de transição Cerrado/Floresta Amazônica. A área foi dividida em quatro blocos e cada um contém dez diferentes sistemas agrícolas, os quais estão sendo utilizados para estudar diferentes sistemas agrícolas, totalizando em uma extensão territorial de aproximadamente 80 hectares. Antes de sua instalação, a área pertencia a uma fazenda particular. Seu posicionamento geográfico é “latitude 11°50’53 Sul” e “longitude 55°38’57 Oeste”.

11.2- Coleta das Amostras para análise morfológica

Para análise de geoestatística, foi realizada uma coleta no segundo ano após a implantação dos sistemas em fevereiro de 2013, período em que correspondia com o final do ciclo da soja. Com auxílio de um trado foram coletadas 6 subamostras de solo numa profundidade de 0-20cm e homogeneizadas para compor uma amostra composta com cerca de 500g a 1 Kg de solo. Foram coletadas 2 amostras compostas em cada parcela, resultando num total de 80 pontos de coleta em toda área experimental. Cada ponto foi georreferenciado com GPS para aplicação de geoestatística no estudo de nematoides e confecção de mapas de distribuição dos mesmos. Ao término da coleta, as amostras devidamente identificadas e imediatamente levadas ao laboratório de Nematologia da Embrapa para processamento e extração dos nematoides.

11.3- Processamento das amostras para análise morfológica

A extração dos nematoides do solo se deu segundo o método de Jenkins (1964) com quantidades modificadas, onde se agitou 250 cc³ de solo em 2 litros de água em um béquer por 1 minuto. Após 20 segundos de espera para as partículas mais grosseiras de solo decantar, a suspensão foi vertida em uma peneira de 40 mesh (abertura de 0,43 mm) acoplada a uma peneira de 400 mesh (abertura de 0,037 mm). O material retido na peneira de 400 mesh foi recolhido em um recipiente e posteriormente submetido a duas centrifugações, uma com água a 1750rpm por 5 minutos e outra na mesma rotação em

solução de sacarose por 1 minuto. Após centrifugação, as amostras foram submetidas ao “banho maria” a 55°C por 5 minutos para morte dos espécimes. Posteriormente, foram fixadas em solução de Golden (HOPPER, 1970), que permitiu armazenar as amostra até que fossem analisadas.

11.4- Identificação e quantificação morfológica das dos nematoides

A identificação dos nematoides foi realizada por meio de taxonomia clássica pela observação em microscópio ótico com objetivas em posição invertida, que também permitiu a quantificação dos espécimes em todo volume de amostra. Para substanciar a identificação, lâminas de cada espécie foram montadas e levadas ao microscópio óptico de luz e observados em aumentos de 100 vezes, com auxílio do óleo de imersão, o que permitiu observar as principais estruturas que os caracterizavam. Chaves de identificação, trabalhos já publicados em periódicos e recursos eletrônicos (internet) foram utilizados para que a identificação chegasse a nível de gênero.

Para nematoides fitoparasitas em geral, a identificação baseou-se principalmente nas descrições de Mai *et al.* (1996) e de acordo com C.I.H Descriptions of Plant-parasitic Nematodes (1976), sendo que para a subordem Criconematina além dessas já citadas, seguimos a recomendação segundo Woults (2006). Nematoides de vida livre foram identificados principalmente segundo Smart & Khuong (1983).

11.5- Equipamentos e Softwares utilizados

Todos os pares de amostras possíveis foram examinados e agrupados dentro de classes de distâncias (“lags”) e direções aproximadamente iguais. Para esse processo, foram construídos os semivariogramas experimentais (DEUTSCH & JOURNAL, 1998) e posteriormente definidos os modelos teóricos de semivariogramas e determinação dos parâmetros dos modelos (intercepto patamar e alcance). Para isso, as amostras foram georreferenciadas usando GPS (Sistema de Posicionamento Global). Para as análises semivariográficas, foi utilizado o programa VESPER 1.63 desenvolvido pelo Centro Australiano de Agricultura de Precisão (ACPA) para a previsão espacial que é capaz de realizar krigagem com variogramas locais (HAAS, 1990), o que também permitiu obter

mapas de distribuição espacial dos nematoides pelo método da interpolação por krigagem (VIEIRA *et al.*, 1983) e inferir no número e quantidade de amostras por hectare para que se tenha uma amostragem representativa do nematoide na área estudada. Foram desconsideradas as divisões de parcelas e considerado área total do experimento (80 hectares) para que houvesse pontos suficientes para interpolação e maior confiabilidade dos resultados.

12- Resultados e Discussão

Foram encontrados 25 gêneros de nematoides em todos os 80 pontos amostrados, no entanto, apenas a distribuição de alguns nematoides foi capaz de fornecer informações precisas da distribuição e dependência espacial apresentando modelagem no semivariograma e assim chegar à informação de distância e número de amostragem ideal (Tabela 1).

Tabela 1. Gêneros de nematoides encontrados em 80 hectares.

Gêneros de nematoides	
<i>Helicotylenchus</i>	<i>Acrobeles*</i>
<i>Macroposthonia</i>	<i>Rhabditis</i>
<i>Pratylenchus</i>	<i>Chiloplacus</i>
<i>Aphelenchoides*</i>	<i>Prionchulus</i>
<i>Aphelenchus</i>	<i>Miconchus</i>
<i>Ditylenchus*</i>	<i>Tobrilus*</i>
<i>Tylenchus*</i>	<i>Diploscapter</i>
<i>Juvenil de Meloidogyne</i>	<i>Tripyla</i>
<i>Discocriconemella</i>	<i>Mononchus</i>
<i>Paratrichodorus</i>	<i>Iotonchus</i>
<i>Dorylaimus**</i>	<i>Sporonchulus</i>
<i>Aporcelaimus**</i>	<i>Eucephalobus</i>
<i>Pungentus</i>	

*Nematoides que apresentaram modelo no semivariograma.

**Nematoides que apresentaram “efeito pepita puro”.

Dos nematoides encontrados, apenas os gêneros *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* e *Tobrilus* foram os que geraram modelo na análise semivariográfica e assim permitindo a obtenção dos parâmetros alcance (range), intercepto (nugget) e patamar (sill), os demais mostraram pontos muito dispersos ou ocorreu “efeito pepita puro” como na análise de *Aporcelaimus* e *Dorylaimus* (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados aos modelos esférico e exponencial dos nematoides.

Espécies	Alcance (A)	75% A	Patamar	Intercepto	RMSE	VNP	Modelo
<i>Aphelenchoides</i>	57,48	43,11	1,695	0	0,8787	4 - 108	Esférico
<i>Ditylenchus</i>	67,96	50,97	0,68	0	0,35	20 - 207	Exponencial
<i>Tylenchus</i>	68,58	51,44	4,88	0	2,31	6 - 116	Exponencial
<i>Tobrilus</i>	59,72	44,79	2,66	0	0,88	4 - 151	Exponencial
<i>Acrobeles</i>	52,89	39,67	43,81	11,89	7,92	20 - 207	Exponencial
<i>Aporcelaimus</i> **	-	-	-	-	0,21	6 - 116	-
<i>Dorylaimus</i> **	-	-	-	-	1,7	20 - 207	-

RMSE: erro quadrático; VNP= variação no número de pares de pontos utilizado para estimar os pontos do semivariograma. **efeito pepita puro.

De acordo com a análise geoestatística, para o nematoide *Aphelenchoides* o semivariograma experimental a qual ajustou um modelo esférico (Figura 2), mostrou um alcance de 57,48 metros, sugerindo que para uma estimativa mais confiável da população desse nematoide na área, com essas características de solo e vegetação, as amostras deveriam ser coletadas a uma distância de pelo menos 57,48 metros uma das outras; no entanto, Isaaks e Srivastava (1989) afirmam que para se ter uma amostragem representativa pode-se coletar a partir de 75% do alcance fornecido no semivariograma, portanto, para o nematoide *Aphelenchoides* pode-se amostrar a partir de 43,11 metros, o que permite dizer que esse nematoide tem uma área de dependência de aproximadamente 5838,56 metros quadrados ($A = \pi r^2$, onde r = alcance). Isso indica que, para ter uma análise representativa *Aphelenchoides* na área em estudo seria necessário pelo menos duas amostras composta por hectare, ou seja, 160 amostras compostas em todos 80 hectares experimentais, sempre coletando a pelo menos 43,11 metros de uma amostra a outra.

Alguns trabalhos demonstraram a dependência espacial de nematoides. Dinardo-Miranda (2009) determinou a variabilidade espacial de fitonematoides (*Meloidogyne* sp. e *Pratylenchus* sp.) na cultura da cana-de-açúcar e encontrou um alcance variando de 18

a 35 metros, afirmando que para uma amostragem confiável desses nematoides nessas condições de plantio necessitaria de pelo menos 5 amostras por hectare distante pelo menos 18 a 35 metros umas das outras. Farias *et al.*, (2002) encontraram uma dependência espacial (alcance) para o nematoide *Rotylenchus reniformis* de 15 metros em áreas de produção de algodão em rotação com sorgo-amendoim-mucuna. Foi determinado um alcance de 66,9 metros para nematoide *Pratylenchus zea* e 39,3 metros para *Helicotylenchus erythrinae* pela análise de semivariograma no qual foi ajustado em ambos um modelo exponencial.

Figura 2

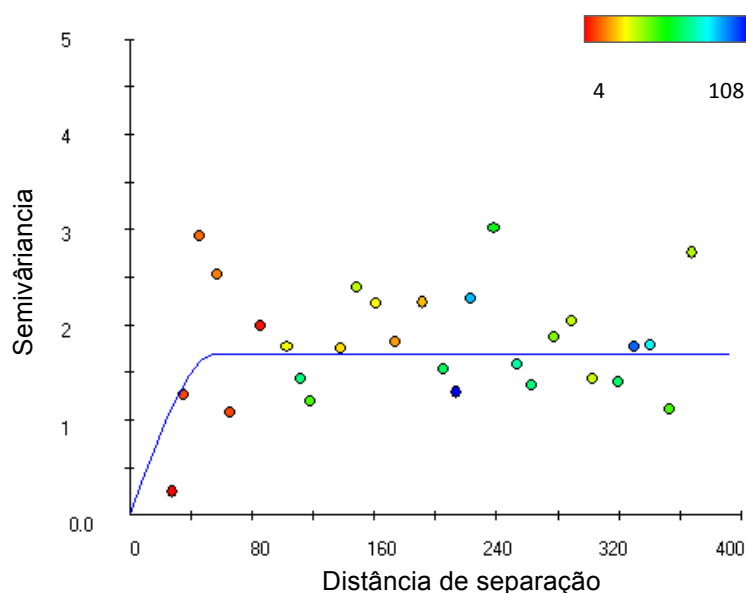



Figura 2 – Semivariograma experimental e ajuste do modelo esférico para o nematoide *Aphelenchoides*.  = número de pares de pontos analisados.

A análise de semivariogramas para os nematoides *Ditylenchus* e *Tylenchus* (Figura 3A e 3B) mostrou um o alcance em que as amostras possuíram dependência entre si de 67,96 e 68,58 metros, considerando que 75% do alcance resulta em uma dependência espacial de 50,97 e 51,44 metros respectivamente (Tabela 2), necessitando ao todo de cerca de três amostras a cada dois hectares para uma análise confiável desses nematoides. Amostragens realizadas a uma distância maior que estes alcances são independentes entre si, pois, segundo Tranngmar (1985) amostragens feitas a distâncias maiores que o alcance, a semivariância é igual à variância experimental o que implica em variação aleatória ou ao acaso.

Os nematoides *Acrobeles* e *Tobrilus* apresentaram características semelhantes ao ajuste do modelo exponencial no semivariograma (Figura 3C e 3D), exibindo um

alcance de 52,89 e 59,72 respectivamente, onde 75% do alcance equivale a 39,67 e 44,79 metros. Esses valores indicam que o nematoide *Tobrilus* possui uma dependência espacial de 44,79 metros e para que se tenha uma amostragem representativa dessa área de estudo necessitaria de aproximadamente 2 amostra por hectare, assim como para *Acrobeles* que apresentando uma dependência espacial entre si de 39,67 metros, o que permiti 2 amostragens por hectare para que se tenha um diagnóstico preciso desse nematoide nas presentes condições ambientais.

Figura 3

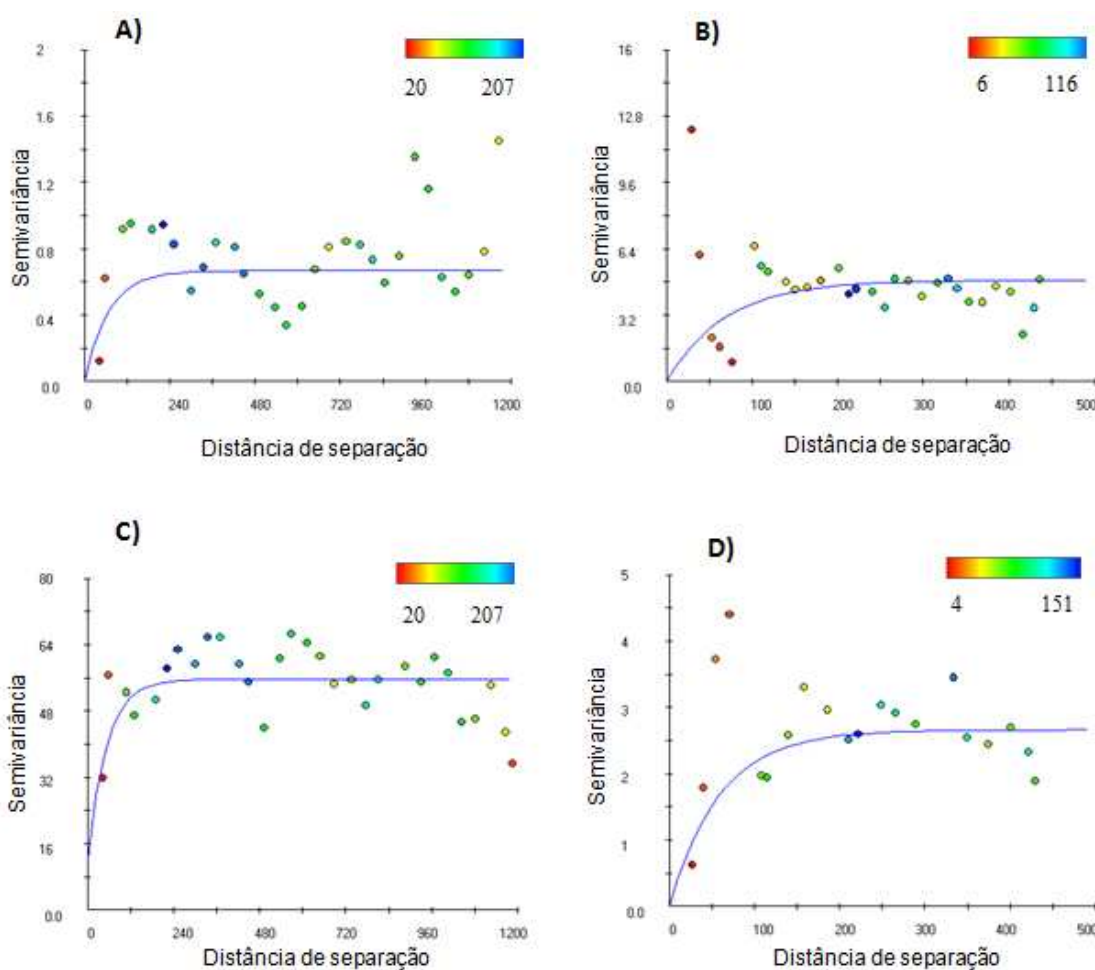
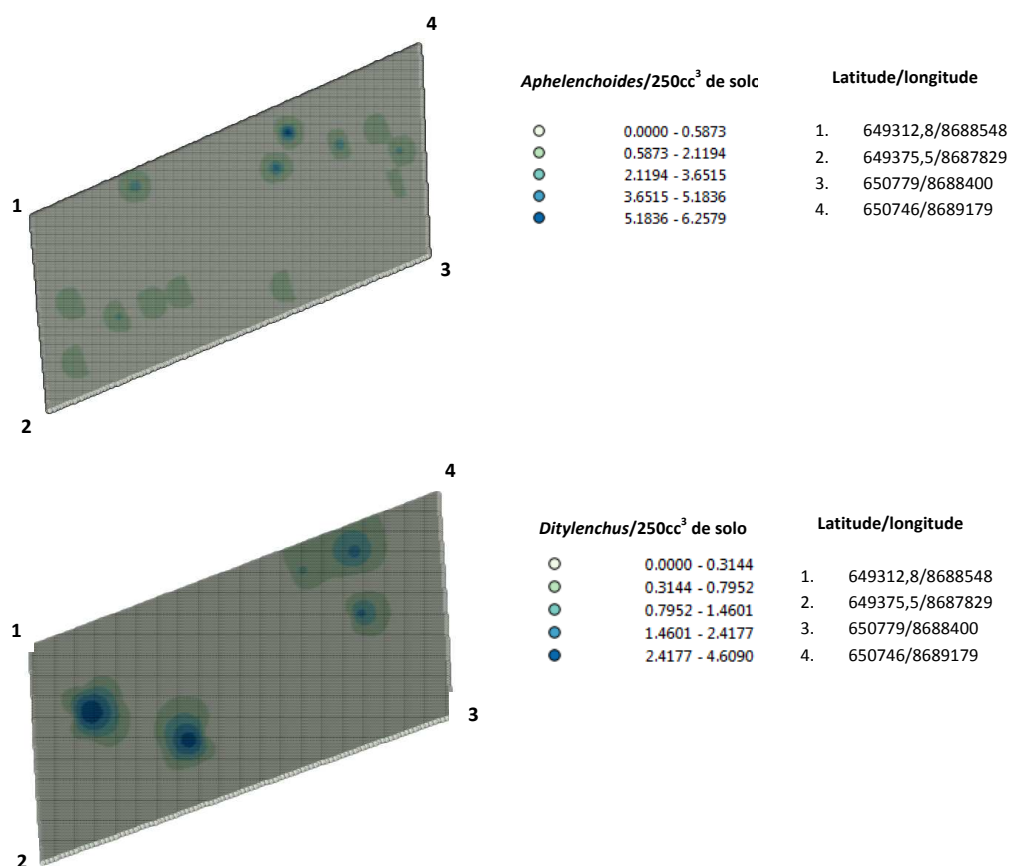


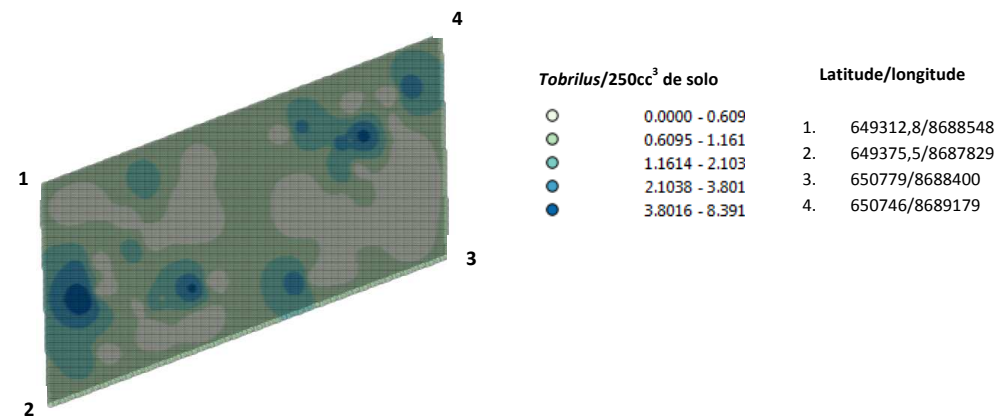
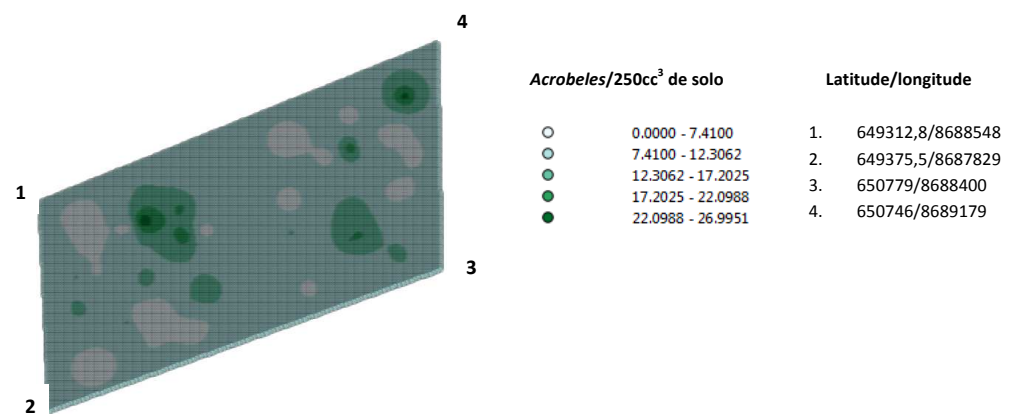
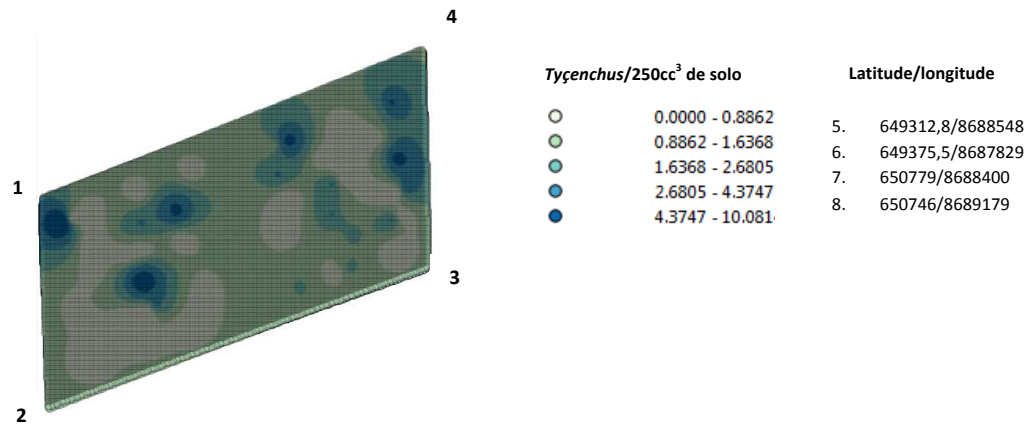
Figura 3 – Semivariogramas experimentais e ajuste do modelo exponencial para os nematoides: *Ditylenchus* (A), *Tylenchus* (B), *Acrobeles* (C) e *Tobrilus* (D). ■ ■ ■ = número de pares de pontos analisados.

Para os nematoides que apresentaram dependência espacial, de acordo com a classificação apresentada por Guimarães (2004), podem apresentar: a) forte grau de dependência espacial (efeito pepita menos que 25% do patamar); b) moderado grau de dependência espacial (efeito pepita entre 25 e 75% do patamar); fraco grau de dependência espacial (efeito pepita entre 75 e 100% do patamar). Com isso, podemos afirmar que todos os nematoides que apresentaram dependência espacial neste estudo, foram classificados como forte grau de dependência espacial apresentando efeito pepita menor que 25% do valor do patamar.

Uma vez que o semivariograma apresentou modelo e mostrou a dependência espacial desses nematoides, tornou-se possível a geração de mapas (Figura 4). Embora não sejam nematoides que ofereçam danos maiores às vegetações que se encontram na área, é possível através desses mapas simular níveis de infestação desses nematoides mostrando o potencial uso dessa ferramenta na agricultura de precisão quando se deseja obter áreas de distribuição de fitonematoides e assim fornecer subsídios para um manejo integrado (SILVA *et al.*, 2000). Os mapas foram gerados através do método de interpolação por krigagem onde os pesos foram determinados a partir da análise espacial fornecida pelo semivariograma.

Figura 4. Mapas de interpolação por “krigagem” de nematoides dividido em 5 classes de densidades populacionais em 250 cc³ de solo.





Para os nematoides *Aporcelaimus* e *Dorylaimus* a análise semivariográfica não ajustou nenhum modelo, ocorrendo o “efeito pepita puro” (Figura 5A e 5B), que revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias maiores que a menor distância entre as amostras (CÂMARA & MEDEIROS, 1998). Isso pode ser atribuído a erros de medição, a não detecção da variabilidade entre as amostras ou ao fato de que os dados não foram coletados a intervalos suficientemente pequenos para mostrar o

comportamento espacial dos nematoides, necessitando de um maior número de amostragens para se conseguir detectar a dependência espacial desses nematoides. A partir de então, é possível inferir a qual distância já não existe a dependência espacial para assim ser possível torná-los bons candidatos para se fazer uma media entre essas amostras e determinar uma boa medida para a área sem mesmo ter a abordagem de mapas. Portanto, sem a determinação da dependência espacial desses nematoides não foi possível geração de mapas de distribuição dos mesmos.

Figura 5.

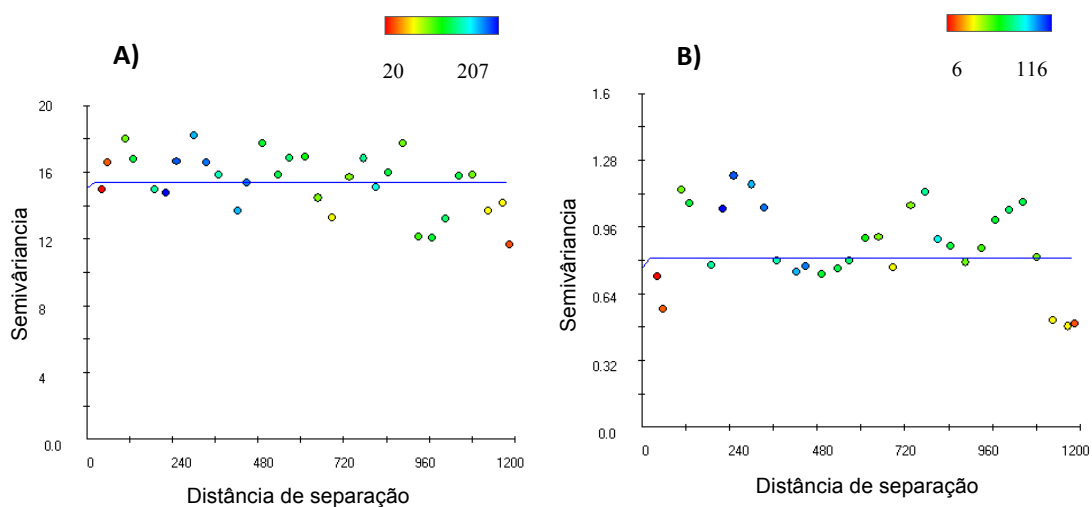



Figura 5 – Semivariogramas experimentais que ocorreram “efeito pepita puro” para os nematoides: *Aporcelaimus* e *Dorylaimus*.  = número de pares de pontos analisados.

13- Conclusão

- O semivariograma foi eficiente em mostrar a dependência espacial dos nematoides *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Acrobeles* e *Tobrilus*, pois todos apresentaram modelo, sendo possível determinar o número e distância ideais de amostragem que se deve fazer para que se tenha uma análise representativa desses nematoides nestas condições de estudo.
- Não foi possível determinar a dependência espacial dos nematoides *Aporcelaimus* e *Dorylaimus*, porque ambos apresentaram o fenômeno de “efeito pepita puro” e os demais nematoides encontrados no trabalho forneceram pontos muito dispersos no semivariograma inviabilizando qualquer ajuste de modelo.
- A geoestatística se apresenta como uma potencial ferramenta na análise de nematoides, demonstrando sua importância na agricultura de precisão, onde por exemplo, permite otimizar o uso de insumos no controle de fitonematoides por saber sua variabilidade espacial, ou seja, um planejamento mais racional no manejo desses organismos, reduzindo custos por se fazer aplicações onde de fato se faz necessário e não indiscriminadamente como tradicionalmente é feito.

14- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATCHELOR, B.; WHIGHAM, K.; DEWITT, J. Precision Agriculture: Introduction to Precision Agriculture. **Iowa Cooperative Extension**, 4p. 1997.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D. e SANO, E.E. Sistema de informações geográficas. **Aplicações na agricultura**- 2ª ed.- Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998.
- CLARK, I. The semivariogram - Part I. **Engineering. & Mining. Jornal.**, 180:90-94, 1979.
- COCHRAN, W.G. **Sampling techniques**. 3.ed. New York: Wiley. 555 pp, 1977.
- DELFINER, P.; DELHOMME, J.P. Optimum Interpolation by Kriging. In: DAVIS, J. C.; McCULLAGH, M. J. **Display and Analysis of Spatial Data**. New York, John Wiley, 1975.
- DEUTSCH, C.V.; JOURNAL, A.G. GSLIB. **Geostatistical software library and user's guide**. New York: Oxford University, 1998.

- DINARDO–MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V. Spatial Distribution of Plant-Parasitic Nematodes in Sugarcane Fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, p.188-194, 2009.
- FARIAS, P.R.S.; BARBOSA, J.C.; VIEIRA, S.R.; SÁNCHEZ-VILA, X.; FERRAZ, L.C.C.B. Geostatistical analysis of the spatial distribution of *Rotylenchulus reniformis* on cotton cultivated under crop rotation. **Russian Journal of Nematology**, v.10, n.1, p.1-9, 2002.
- FERRIS, H.; WILSON, L.T. Concepts and principles of population dynamics. In: VEECH, J.A.; DICKSON, D.W. (Eds.) *Vistas on nematology: a commemoration of the twenty-fifth anniversary of the Society of Nematologists*. 1st ed Hyattsville: **Society of Nematologists**, v. 3. p. 372-376, 1987.
- FREITAS, V.A. **Análise de dados espaciais por meio de semivariogramas**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 34p, 2000.
- GENTIL, L. V.; FERREIRA, S. M. Agricultura de precisão: Prepare-se para o futuro, mas com os pés no chão. **Revista A Granja**, Porto Alegre, RS, n. 610, p. 12–17, 1999.
- GOOVAERT, P. 1997. **Geostatistics for Natural Resources Evaluation**. Oxford University Press, New York. 483 pp.
- HAAS, T.C. Kriging and automated variogram modeling within a moving window. **Atmospheric Environment** 24A, 1759-1769, 1990.
- HOPPER, D.J. Handling, fixing, staining and mounting nematodes. In: Laboratory methods of work with plant soil nematodes. J.F. Southey Laboratory methods for work with plant soil nematodes. J.F. SOUTHEY ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, Herts, **Technology Bull.**, 2: 34-38, 1970.
- HUIJBREGTS, C.J. Regionalized variables and quantitative analysis of spatial data. In: Davis, J.C. & McCullagh, M.J. (ed) **Display and analysis of spatial data**. New York, John Wiley. p.38-53. 1975.
- ISAAKKS, E.H.; SHIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York, 1989.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.692, 1964.
- LORENTZ, L.H.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; LOPES, S.J.; BOLIGON, A.A.; CARPES, R.H. Temporal variation of the sample size for the experiment in plastic greenhouses. **Ciência Rural**, 34(4): 1043-1049, 2004.
- MAI, W.F.; MULLIN, P.G.; LION, H.H.; LOEFFLER, K. Plant parasitic nematodes; a pictorial key to genera. Ithaca: Cornell University Press, 1996. 277p.
- MARANHÃO, S.R.V.L. **Comunidade, Dinâmica Populacional e Variabilidade Espacial de Nematoides em áreas de cultivo da Cana-de-Açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas no Noroeste**. 2008. 127f. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

- MARODIM, V.S.; STORCK, L.; LOPES, S.J.; SANTOS, O.S.; SCHIMIDT, D. Experimental design and sample size for lettuce grown in hydroponics. **Ciência Rural**, 30(5): 56-66, 2000.
- MONTEBELLER, C.A. **Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no estado do Rio de Janeiro**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- QUARTEZANI, W.Z.; **Geoestatística no estudo da variabilidade espacial de atributos químicos e físicos do solo e da produtividade da pimenta-do-reino**. 2008. 112f. Dissertação de mestrado (Mestrado Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo.
- SALVIANO, A.A.C. **Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP**. Piracicaba, 1996. 91p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SANTOS, P.Q.; SANTANA, A.C.; BARROS, P.L.C.; QUEIROZ, J.C.B.; VIEIRA, T.O. O emprego da geoestatística na determinação do tamanho “ótimo ” de amostras aleatórias com vista à obtenção de estimativas florestais em Paragominas, estado do Pará. **Acta Amazonica**, v.41, n.2, p.213-222, 2011.
- SHIRATSUCHI, L. S. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com utilização de ferramentas da agricultura de precisão**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- SILVA, E. A.; GARCIA, A.; MONICO, J. F. G.; SILVA, J. F. V. Agricultura de precisão e o potencial de tecnologias inovadoras no manejo integrado de fitonematóides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 22., 2000, Uberlândia. Proceedings...Brasília: Sociedade Brasileira de Nematologia, p. 19-27. 2000.
- SOARES, V.P.; ZANETI, L.Z.; SANTOS, N.T.; LEITE, H.G. Análise espacial da distribuição de cigarras (*Quesada gigas* Oliver) em povoamentos de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) na região de Dom Eliseu, PA. **Revista Árvore**, v.32, p.251-258, 2008.
- SOUZA, L.E. **Estimativa de incertezas e sua aplicação na classificação de recursos minerais**. 2002. 171f. Dissertação de mestrado (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM).
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.
- UCHÔA, C.N.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; MORAES, W.S. Modelagem geoestatística da Sigatoka-Negra e sua relação com a fertilidade do solo. **Biosei.J.**, Uberlândia, v.27, n.3, p.357-362, maio/junho 2011.

- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, n.3, p.1-85, 1983.
- WALLACE, M.K.; HAWKINS, D.M. Applications of geostatistics in plant nematology. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 26, p. 626-634, 1994.
- ZANIN, G.; BERTI, A.; RIELLO, L. Incorporation of weed spatial variability into the weed control decision-making process. **Weed Research**, v.38, n.2, p.107-118, 1998.
- ZUCOLOTO, M.; LIMA, J.S.S.; COELHO, R.I. Uso da geoestatística na probabilidade de ocorrência do Mal-do-Panamá em bananeira Prata Anã. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**. 62 (1): 4793-4796. 2009.

15- Conclusões Gerais

- Os nematoides podem ser uma boa opção para avaliar a implantação de novos sistemas agrícolas.
- Dentre os sistemas testados, os sistemas 9-iLPF e 7-PF inicialmente agride menos o ambiente.
- Os sistemas que foram manejados por monocultivos resultaram em maiores distúrbios nas populações de nematoides.
- A geoestatística se apresenta como uma opção de ferramenta na análise de nematoides.