

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

TESE

**Nematóides como Indicadores de Qualidade do Solo
em Agroecossistemas no Cerrado do Estado do Mato
Grosso do Sul**

Adriana França Figueira

2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**NEMATÓIDES COMO INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM
AGROECOSSITEMAS NO CERRADO DO ESTADO DO MATO
GROSSO DO SUL**

ADRIANA FRANÇA FIGUEIRA

Sob a Orientação do Professor
Ricardo Luis Louro Berbara

e Co-orientação dos Professores
João Pedro Pimentel

César Heraclides Behling Miranda

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em
Ciências** no Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2008

631.46
F475n
T

Figueira, Adriana França, 1974

Nematóides como indicadores da qualidade do solo em agroecossistemas no cerrado do estado do mato Grosso do Sul / Adriana França Figueira. – 2008.

63 f. : il.

Orientador: Ricardo Luis Louro Berbara

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f.55-63

1. Microorganismos do solo- Teses 2. Nematoda – Teses 3. Solos – Mato Grosso do Sul – Teses. I. Berbara, Ricardo Luis Louro. II. Universidade Fedral Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta tese, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO

ADRIANA FRANÇA FIGUEIRA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**,
no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM 15/02/2008

Ricardo Luis Louro Berbara. Ph.D. UFRRJ

João Pedro Pimentel. Dr. UFRRJ

Eduardo Lima. Dr. UFRRJ

Adriana Maria de Aquino Dra. Embrapa Agrobiologia

Ana Lucy Caproni. Dra. UNIR – Campus Rolim de Moura.

DEDICATÓRIA

*Aos meus queridos e amados pais,
ao meu amado companheiro de todas as horas Paulo Cezar e
em especial ao meu tudo, Matheus que é a minha fonte de felicidade.*

Meus amores tudo que sou devo a vocês.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu orientador Ricardo Berbara pela amizade e ensinamentos nesses 11 anos de trabalho. Agradeço a você “Chefe” por cada palavra de incentivo e carinho. Saiba que vejo em você um homem muito especial e que poucos tiveram o prazer de conhecer.

Ao meu co-orientador João Pedro Pimentel pela amizade e muito obrigada por me fazer enxergar os nematóides com olhos carinhosos e apaixonantes.

Ao meu co-orientador Cesar Miranda pelo grande auxílio em todas as coletas de campo. Ao Dr. Manoel Macedo da Embrapa Gado de Corte por ter cedido a área experimental.

As minhas amigas Érika, Beth e Natália que muito me ajudaram nos momentos difíceis e que compartilharam comigo os momentos de felicidades. Os amigos Eduardo Mondino e Orlando pelo apoio e amizade. Ao amigo David Villas-Boas por ter me guiado na direção da luz no momento que eu precisava.

A pesquisadora Janaína da Embrapa Agrobiologia pela ajuda na análise estatística.

Agradeço a cada um dos funcionários do Departamento de Solos pelo sorriso nos lábios, principalmente ao Moraes, Luciene, Roberto e Cristiane.

Aos meus pais que de uma forma muito especial me ensinaram a acreditar em mim. Aos meus irmãos e sobrinhos. Agradeço por cada momento ao lado de vocês que muito me apoiaram mesmo não entendendo muito bem o porquê de tanta ausência. Gostaria que soubessem que vocês foram fonte de inspiração nos momentos mais difíceis de minha vida.

A meu querido Paulo Cezar, obrigada pela imensa compreensão nesse período de ausência, pelo amor e carinho que foram incondicionais durante todos os momentos. Sem seu apoio eu não conseguiria nada. Eu te amo muito.

Ao meu filho Matheus que foi, é e sempre será a coisa mais importante que tenho em minha vida. Desculpe-me pela ausência nas horas de uma cólica, uma carência e até mesmo na hora que você necessitou de um colo de mãe. Quero que saiba que em todos esses momentos que estive ausente de ti todos os meus atos e objetivos foram sempre focados em você.

A CAPES, a FUNDECT e ao CPGA-CS pelo apoio financeiro a este trabalho.

BIOGRAFIA

Adriana França Figueira, nascida em 09 de abril de 1974 no Rio de Janeiro, filha de Joel Figueira e Maria Helena França. Nasceu e cresceu em Seropédica-RJ. Onde teve o prazer de ingressar na linda Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em março de 1995 no curso de Engenharia Agrônômica. Em 1997, iniciou suas primeiras atividades científicas, quando foi estagiária do Laboratório de Biologia do Solo. De abril de 1997 a setembro de 1999 foi bolsista de Iniciação Científica do PIBIC-CNPq. Em março de 2000, ingressou no Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, defendendo a dissertação intitulada: “Dinâmica da População de Nematóides do Solo em Quatro Sistemas de uma Unidade de Produção Agroecológica” sob a orientação dos Drs. Ricardo Luis Louro Berbara e João Pedro Pimentel. Em março de 2004, ingressou no Doutorado no Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo. Nos anos de 2003 foi convidada pelo professor Ricardo Berbara para ajudar no curso “Bioindicadores del Suelo: Nematodos, Artropodos y Hongos Micorríticos” na FAUBA (Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires). Em 2006 foi selecionada para uma bolsa de doutorado sanduíche de dois meses em Buenos Aires, na Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.

RESUMO GERAL

FIGUEIRA, Adriana França. **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, 2008.

Os nematóides são, possivelmente, uma das formas mais antigas de vida existente, são animais microscópicos e respondem com rapidez às mudanças no ambiente. Esse trabalho objetivou ampliar o conhecimento referente às influências dos sistemas de manejo e cobertura do solo na população de nematóides do solo. Acredita-se que os diferentes sistemas de manejo agrícola e coberturas vegetais atuem de forma variável sobre a população dos nematóides do solo. O estudo apresentado no Capítulo 1 foi conduzido a partir de um experimento de longa duração no campo experimental da Embrapa Gado de Corte em Campo Grande – MS. Os tratamentos avaliados foram: CD - Mata original de cerrados, PL - Pastagem permanente de *B. decumbens* implantada em dezembro de 1993, consorciada com as leguminosas e mantida com adubação de manutenção bianual, SCV - área sob lavoura contínua de soja desde 1993, com preparo do solo convencional (uma aração e duas gradagens), sem cultura de inverno, SCS - área sob lavoura contínua de soja desde 1993, preparo de solo conservacionista (uma aração e uma gradagem), com plantio de milho no inverno, SPD - área sob lavoura contínua de soja desde 1993, sem preparo de solo, com plantio direto da soja onde foi cultivado milho no inverno. Baseando-se em características taxonômicas e parâmetros ecológicos, as comunidades de nematóides foram analisadas em função da abundância total, função trófica, padrão de decomposição da matéria orgânica, índices de diversidade de Shannon, dominância de Simpson, equitabilidade de Pielou e grau de distúrbio. Analisando os resultados, observou-se que foi identificado um total de 70 gêneros acumulados nos cinco sistemas de manejo. Os gêneros mais abundantes foram *Helicotylenchus*, *Acrobeles*, *Eucephalobus*, *Cephalobus* e *Tylenchus*. Os sistemas CD e SCS apresentaram as maiores riquezas de gêneros (S) de nematóides. O sistema CD apresentou a maior diversidade de nematóides seguido do sistema SCS. Os sistemas PL e SCV apresentaram os maiores valores do índice de dominância de Simpson, com dominância de nematóides fitoparasitas. O sistema CD apresentou maior equitabilidade dos gêneros de nematóides. O sistema CD apresentou o maior índice de maturidade e o sistema PL apresentou o menor índice de maturidade. A proporção dos grupos tróficos, dominado por fitoparasitas e bacteriófagos, foi semelhante ao registrado em literatura em sistemas de pastagens. O padrão de decomposição da matéria orgânica foi diferenciado de acordo com a cobertura do solo. O objetivo do estudo do Capítulo 2 foi avaliar a relação entre a composição de gêneros de nematóides e variáveis ambientais em diferentes sistemas de manejo do. Para que esta relação fosse avaliada utilizou-se a Análise de Correspondência Canônica (CCA) em duas épocas de coleta. A CCA foi utilizada para mostrar a importância das variáveis ambientais na explicação do padrão de ocorrência de nematóides no presente estudo. Observou-se que a CCA possibilitou a separação entre os sistemas de manejo. O que o sistema SPD apresentou maiores correlações com variáveis ligadas ao maior aporte de matéria orgânica. As variáveis ambientais que apresentaram maior correlação com o sistema CD foram P, Fração Leve Livre, Fração Intra-agregado e pH na coleta realizada no inverno de 2004. A CCA foi útil para organizar e analisar dois complexos grupos de dados utilizados neste estudo. Nas duas épocas avaliadas neste, os sistemas SCS e SPD mantiveram a maior similaridade quanto à distribuição dos grupos funcionais. Na análise curva de resposta principal (Principal Response Curves, PRC), observou-se que houve grande flutuação sazonal na composição da nematofauna em todos os sistemas.

Palavras-chave: Sistemas de manejo, Cadeia trófica, Microfauna, Bioindicadores do solo.

GENERAL ABSTRACT

FIGUEIRA, Adriana França. **Nematodes as indicators quality agroecosystems in the cerrado of the State of Mato Grosso do Sul.** 2008. 63p. Thesis (Doctor Science in Agronomy, Soil Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

Nematodes are possibly one of the oldest forms of existing life. They are microscopical animals and respond to changes in the environment. This work has the objective to extend the referring knowledge to the influences of the land use cover changes systems over the population of soil nematodes. One gives credit that the different systems of agricultural management and land cover act directly on the population of the nematodes. The study discussed in Chapter 1 was lead from an experiment of long term duration in the experimental field of the Embrapa Gado de Corte in Campo Grande – MS. The evaluated treatments were: CD - original Cerrado forest, an area without disturbance for agriculture; PL - permanent pasture of *B. decumbens* implanted in December of 1993, joined with the mucunoides legumes with fertilization of biennial maintenance; SCV - area under continuous farming of soybean since 1993, with conventional management, without winter culture, SCS - area under continuous farming of soybean since 1993, conservacionist soil, with plantation of millet in the winter; SPD - area under continuous farming of soybean since 1993, without soil preparation, with direct plantation of the soybean with millet in the winter. Based on taxonomics characteristics and ecological parameters, the nematodes communities were analyzed in function of the total abundance, trophic function, standard of decomposition of the organic substance, diversity of Shannon, dominance of Simpson, equitability of Pielou and degree of disturbance. It was observed that there had been identified a total of 70 genus accumulated in the five studied. The genus most abundant was *Helicotylenchus*, *Acrobeles*, *Eucephalobus*, *Cephalobus* and *Tylenchus*. The systems CD and SCS presented the highest numbers of genus (S) of nematodes. The CD system showed the highest diversity of nematodes followed by SCS. The systems PL and SCV presented the highest values for the index of Simpson dominance, with the higher number of fitoparasitic nematodes. The system CD presented greater equitability of the genus of nematodes. The system CD had the highest index of maturity, followed by SCS and PL presented which showed the lowest index of maturity. The ratio of the trophic groups, dominated by fitoparasitics and bacterivores, was similar to the registered in the literature in pastures. The standard decomposition of the organic substance was differentiated in accordance with the land use cover change. The objective of the study in Chapter 2 was to evaluate the relation between the environment variables over the genus diversity and abundance of nematodes in different systems of soil management in Campo Grande - MS. This relation was evaluated with Canonic Analysis of Correspondence (CCA) in two samplings. The CCA was used to show the importance of the environmental variables in the explanation of the standard of occurrence of nematodes in the present study. It was observed that the CCA made possible the separation between the sampling systems and observed that system SPD presented greater correlations with variables such as humidity, Corg and FLL. The environmental variable that had presented greater correlation with the CD were P, FLL, FI and pH in 2004 winter samples. In 2005 summer, the diagram of the CCA presented a distinct configuration of the presented one in the first collection. The CCA was useful to organize and to analyze two complex scenarios used in this study. During both periods systems SCS and SPD had the biggest similarity with the functional groups. In the multivaried PRC was observed that it had great seasonal fluctuation in the composition of nematofauna in all the systems

Key words: Crop systems, Food web, Microfauna, Soil bioindicators

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-** Temperatura média mensal (linha com marcas) e precipitação média mensal (colunas) em Campo Grande - MS, no período de 2004-2006. As setas indicam as épocas de coleta. (Fonte: Embrapa Gado de Corte e INMET)..... 15
- Figura 2-** Abundância de nematóides (N° Indivíduos $400g^{-1}$ solo) em diferentes sistemas de (Campo Grande – MS) e quatro épocas de coleta 1=inverno 2004; coleta 2= verão 2005; coleta 3= verão 2006 e coleta 4= inverno 2006. Os valores são referentes à média de quatro blocos. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 22
- Figura 3-** Número de gêneros (S) de nematóides em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) e quatro épocas de coleta. Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 23
- Figura 4-** Índice de Diversidade de Shannon nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 24
- Figura 5-** Índice de Dominância de Simpson (λ) nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 25
- Figura 6-** Índice de equitabilidade de Pielou (J) nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 26
- Figura 7-** Índice de Maturidade (IM) em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. Nematóides fitoparasitas não foram considerados no cálculo do IM (ver Bongers, 1990). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 27
- Figura 8-** Índice de Maturidade Modificado (IM2-5) em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão.). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa 28
- Figura 10-** Composição dos grupos funcionais de nematóides em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). As médias são referentes a quatro épocas de coleta. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 30
- Figura 11-** População de nematóides fitoparasitas nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes a média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 31

- Figura 12-** População de nematóides bacteriófagos nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos ± erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 32
- Figura 13-** População de nematóides micófitos nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos ± erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 33
- Figura 14-** População de nematóides predadores nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos ± erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 34
- Figura 15-** População de nematóides onívoros nos cinco sistemas de manejo estudados em Campo Grande – MS em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos ± erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 35
- Figura 16-** Relação bacteriófagos/Micófitos (BF/FF), que é um índice de avaliação do padrão de decomposição do solo em quatro épocas de coleta (Campo Grande – MS). Os valores são referentes à média de quatro blocos ± erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 36
- Figura 17-** Relação (Fitoparasita+bacteriófagos)/Micófitos (FF+BF)/FF, que é um índice de avaliação do padrão de decomposição do solo em quatro épocas de coleta (Campo Grande – MS). Os valores são referentes à média de quatro blocos ± erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 37
- Figura 18-** Diagramas de ordenação obtidos por análise de correspondência canônica dos manejos (CD, SCS, SCV, SPD e PL) e das variáveis ambientais (Umidade do solo, C orgânico, Mg, K, pH, Fração Leve Livre, Fração intra-agregado e P) e gêneros de nematóides do inverno de 2004. Variáveis ambientais são representadas por setas e os manejos por quadrados. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 46
- Figura 19-** Diagramas de ordenação obtidos por análise de correspondência canônica dos manejos (CD, SCS, SCV, SPD e PL) e das variáveis ambientais (Umidade do solo, C orgânico, Al, pH, Fração Leve Livre, Fração intra-agregado e P) e gêneros de nematóides da coleta do verão de 2005. Variáveis ambientais são representadas por setas e os manejos por quadrados. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 48
- Figura 20-** Dendrograma dos grupos funcionais de nematóides do solo, inverno de 2004 (Campo Grande – MS). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa..... 49

Figura 21- Dendrograma dos grupos funcionais de nematóides do solo, verão de 2005 (Campo Grande – MS). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 50

Figura 22- Curvas de respostas principais dos tratamentos em função da nematofauna do solo, comparando com a mata de cerrado (referência). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa. 52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Análise granulométrica do solo da área experimental da Embrapa Gado de Corte (MS).....	16
Tabela 2- Caracterização química do solo a 10 cm de profundidade da área experimental da Embrapa Gado de Corte (MS).	18
Tabela 3- Composição média dos gêneros, grupo funcional e abundância (Nº de Indivíduos 400g -1 solo) de nematóides identificados nas amostras de solo, coletadas no experimento da Embrapa Gado de Corte, município de Campo Grande – MS.....	19
Tabela 4- Scores das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação da ACC da coleta de inverno de 2004.	46
Tabela 5- Scores das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação da ACC da coleta do verão de 2005.	49
Tabela 6- Valores das distâncias Euclidianas, baseadas nos grupos tróficos de nematóides, inverno de 2004 (Campo Grande – MS).....	50
Tabela 7- Valores das distâncias Euclidianas, baseadas nos grupos tróficos de nematóides, verão de 2005 (Campo Grande – MS).	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL	3
2.1 Cerrado Brasileiro	3
2.2 Biodiversidade	3
2.3 Qualidade do Solo	4
2.4 Bioindicadores	5
2.5 Descrição dos Nematóides	5
2.6 Hábitos Alimentares dos Nematóides	6
2.7 Efeito das Plantas na Nematofauna do Solo	7
2.8 Utilização da Análise Multivariada	8
2.9 Pressuposições das Análises Multivariadas	8
2.10 Métodos Multivariados	9
3. CAPÍTULO I	10
USO DA NEMATOFUNA COMO INDICADOR DAS PRÁTICAS DE MANEJO E COBERTURA DO SOLO NO CERRADO DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL ...	10
3.1 RESUMO	11
3.2 ABSTRACT	12
3.3. INTRODUÇÃO	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.4.1 Localização e histórico da área experimental	14
3.4.2 Tratamentos e delineamento experimental	14
3.4.3 Amostragem, extração e identificação dos nematóides	15
3.4.4 Descrição da comunidade de nematóides	15
3.4.5 Caracterização das propriedades químicas e físicas do solo	16
3.4.6 Análise estatística	17
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.5.1 Análise química e física do solo	18
3.5.2 Comunidade de nematóides	18
3.5.3 Abundância total	21
3.5.4 Diversidade	23
3.5.5 Distúrbios	26
3.5.6 Estrutura trófica	29
3.5.7 Padrão de decomposição	35
3.6 CONCLUSÕES	38
4. CAPÍTULO II	39
ESTATÍSTICA MULTIVARIADA COMO FERRAMENTA NO ESTUDO DA NEMATOFUNA DO SOLO EM SISTEMAS DE MANEJO E COBERTURA VEGETAL EM CAMPO GRANDE - MS	39
4.1 RESUMO	40
4.2 ABSTRACT	41
4.3. INTRODUÇÃO	42
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	43
4.4.1 Localização e histórico da área experimental	43
4.4.2 Fracionamento físico da matéria orgânica do solo	43

4.4.3 Análise multivariada.....	43
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.5.1 Análise multivariada.....	45
4.5.2 Análise de agrupamento	49
4.6 CONCLUSÕES	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO GERAL

Até a década de 1960 a atividade agrícola predominante nos cerrados era a pecuária extensiva, restrita à cria e recria de bovinos de corte em pastagens nativas, as quais eram queimadas anualmente no período seco. A exploração agrícola limitava-se a lavouras de subsistência, que ocupavam pouco mais de um milhão de hectares (Corrêa, 1995). A introdução de gramíneas, especialmente *Brachiaria decumbens* Stapf, no início da década de 1970, provocou grande impacto na exploração pecuária dos Cerrados, contribuindo para aumentar expressivamente a produção e a capacidade de suporte das pastagens. Adaptando-se bem em terras fracas e com boa produção de forragem mesmo na época seca do ano, a *B. decumbens* expandiu-se rapidamente, impulsionada pelos programas especiais de crédito então existentes, e contribuiu para o crescimento elevado do rebanho bovino na região. Com pastagens de braquiária e melhor manejo, os criadores passaram a integrar as atividades de cria, recria e engorda, com índices de produtividade superiores aos que eram obtidos nas pastagens nativas (Corrêa, 1995). Estima-se que existam, atualmente, entre 45 e 50 milhões de hectares da área de pastagens nos Cerrados do Brasil Central, que respondem por 60% da produção de carne nacional. Infelizmente, pelo menos 80% dessas pastagens encontram-se em algum estágio de degradação, com baixa capacidade de suporte animal e baixa produção de carne por área (Barcellos, 1996; Macedo, 1995).

A substituição da vegetação nativa de rica complexidade por monocultivo pode ser catastrófica à estabilidade da produção agrícola neste ecossistema. A cultura contínua da soja, com preparo de solo nos moldes atualmente praticados, por exemplo, tem resultado em balanços negativos de nitrogênio (N). Ou seja, é extraído mais N do sistema através da colheita de grãos, do que o introduzido por esta leguminosa através da fixação biológica de N. Redução dos estoques de Carbono (C) do solo sob esta cultura em relação aos cerrados nativos também já foram detectadas (Corraza et al., 1999).

A adoção de práticas agrícolas adequadas, o estabelecimento de rotação de culturas, bem como o uso de leguminosas que contribuem efetivamente à formação de matéria orgânica de boa qualidade, deve ser enfatizado nessa situação. Afinal, são estas práticas as determinantes da sustentabilidade de qualquer sistema produtivo (Balesdent et al., 2000; Bayer et al., 2000; Larney et al., 1997; Power & Peterson, 1998; Salinas-Garcia et al., 1997).

Neste contexto, uma das nossas maiores necessidades é conhecer os efeitos das práticas agrícolas em uso corrente nos cerrados sobre a biologia do solo. Nos ecossistemas naturais, a cobertura vegetal permanente proporciona proteção contínua ao solo, e favorece a ciclagem de nutrientes através dos seus resíduos, sustentando com isso uma vasta diversidade de microrganismos benéficos à estabilidade do sistema e da produção agrícola, entre eles os nematóides (Barea, 1991; Neher, 2001). Os nematóides são, possivelmente, uma das formas mais antigas de vida existente, são microscópicos e respondem com rapidez às mudanças no ambiente. Em decorrência disso, existem vários trabalhos abordando esses animais como indicadores de perturbação ambiental (Bongers & Ferris, 1999; Figueira, 2002; Okada & Harada, 2007). A abundância no solo, a sua larga distribuição e a ocorrência de diferentes grupos tróficos são características importantes que os qualificam como bioindicadores. Eles possuem a maioria dos atributos importantes para qualquer bioindicador (Cairns et al., 1993): abundância em todos os ambientes, diversidade de estratégias de vida e hábitos alimentares, por estas razões várias correntes de pesquisa tem tentado desenvolver relações entre a comunidade de nematóides e a sucessão de ecossistemas naturais ou distúrbios ambientais e

antrópicos. Em geral, as comunidades de nematóides ou índices ecológico derivaram da diferença entre ambientes não perturbados e perturbados antropicamente.

Alguns indicadores aferem a estrutura e/ou funções de processos ecológicos, que respondem às mudanças na condição do solo resultantes de práticas de manejo. Nematóides, colêmbolos e ácaros são grupos da fauna considerados como bioindicadores. Destes, os nematóides de vida-livre e os fitoparasitas têm sido usados com mais frequência como bioindicadores, porque existem mais informações sobre sua taxonomia e papel alimentar do que os outros animais. Além disso, os nematóides possuem características que reforçam seu uso como bioindicadores; pois possuem uma cutícula permeável, que permite responder a poluentes e tem a capacidade de contribuir para a restauração do ecossistema do solo; apresentam estádios de resistência como a criobiose ou cistos que permitem sua sobrevivência inativa durante condições ambientais adversas ao seu desenvolvimento. Porém, os membros da ordem Dorylaimida não apresentam estágio de resistência e são mais sensíveis a mudanças de ambiente, e por fim, os nematóides possuem proteínas altamente conservadas, e a expressão destas proteínas ocorre quando são expostos a estresse como calor, íons metálicos e toxinas orgânicas, servindo como marcadores para avaliação ecotoxicológica do solo (Neher, 2001).

Finalmente, a avaliação biológica da qualidade e funcionalidade do solo pode ser realizada através da estrutura da comunidade de nematóides, pois os nematóides ocorrem em qualquer lugar onde haja decomposição; sua morfologia reflete o seu hábito alimentar; são facilmente isolados do substrato e a identificação de gêneros é relativamente simples (Bongers & Bongers, 1998). A hipótese de trabalho assume que estratégias de manejo das culturas causam impactos diferenciais sobre a estrutura da população de nematóides do solo. Esse trabalho objetivou ampliar o conhecimento referente às influências dos sistemas de manejo e cobertura do solo na população de nematóides.

2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL

2.1 Cerrado Brasileiro

O cerrado é a segunda maior região biogeográfica do Brasil, ocupa uma área de 204 milhões de hectares, ou 23% do território brasileiro, engloba 12 estados (Ribeiro e Walter, 1998).

Os principais tipos de vegetação ocorrentes na região dos cerrados são: floresta de galeria (mata ciliar), cerradão, cerrado e campos cerrados (sujos e limpos). Existem duas estações distintas sendo uma seca (maio a setembro) e uma chuvosa (outubro a abril), com temperaturas do solo variando entre 20 – 26 °C, e precipitação anual por volta de 1000 – 2000 mm. Seis famílias de plantas (Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Arecaceae e Cyperaceae) são dominantes no cerrado nativo (Garrido et al., 1982; Azevedo & Adámoli, 1988). A exploração agropecuária ocupa a maioria das áreas com predominância de solos naturalmente ácidos, profundos e bem drenados, textura variando de média a muito argilosa, de baixa fertilidade que são facilmente corrigidos pela adubação e calagem (Espinoza et al., 1982; Azevedo e Adámoli, 1988).

Sabe-se que o uso intensivo destes solos pode gerar impactos no meio ambiente, especialmente na estrutura e na atividade biológica do solo, no comportamento da água, e em outras características e propriedades importantes no contexto agroambiental, com reflexos negativos tanto na produção quanto no meio ambiente. Neste sentido, tem-se implantado sistemas conservacionistas baseados no plantio direto com rotação /sucessão de culturas e na integração lavoura/pecuária; técnicas amplamente difundidas e incentivadas por associações de produtores regionais (Freitas, 2001).

2.2 Biodiversidade

O interesse na biodiversidade tem crescido rapidamente nos círculos públicos e científicos. Enquanto parte deste esforço tem sido atribuída ao interesse na manutenção da diversidade genética, a importância da biodiversidade para as diversas funções de um ecossistema tem sido amplamente omitida (Beare et al., 1994). A diversidade de muitos ecossistemas pode ser largamente modificada após ser submetida a processos depredativos. Dentre estes processos inclui-se a destruição de florestas, produção agrícola intensiva, resultando em erosão e mineração não sustentável dos recursos da terra. Por outro lado, os programas de diversidade biológica têm-se centrado em plantas, animais e insetos e dedicam pouca atenção aos organismos microscópicos do solo. Poucas pesquisas têm sido feitas para se determinar a relação entre a diversidade microbiana, o funcionamento do solo, a qualidade da planta e a sustentabilidade dos ecossistemas.

Os organismos do solo têm sido ignorados como um importante aspecto na qualidade do ecossistema, embora tais organismos sejam altamente sensíveis à perturbação do solo (Kennedy & Smith, 1995). Connell (1978) afirma que a biodiversidade é alta quando existe uma perturbação em intensidade limitada. Johnson et al., (1996) sugere que, aumentando-se o número de espécies interagindo em uma comunidade aumenta-se a habilidade destas espécies em manter suas abundâncias populacionais após uma perturbação. Como consequência maior seria a estabilidade deste ambiente. A diversidade dos organismos do solo não segue necessariamente direções previstas, e pode ser aumentada ou reduzida pela perturbação (Wardle & Giller, 1997). Isto pode estar relacionado com o fato de que diferentes espécies apresentam suscetibilidade diferenciada quanto à perturbação tais como: revolvimento do

solo, aplicação de fertilizantes, oscilação de umidade e temperatura (Tilman, 1996). Entretanto, a comunidade científica vinculada a estudos de ecologia, sugere que o aumento da riqueza de espécies é benéfico para o desempenho do ecossistema, por exemplo, produtividade, estabilidade e resiliência (ver Wardle & Giller, 1997).

Os ecossistemas antes e depois da perturbação são amplamente influenciados pela dinâmica da população microbiana do solo. Por isto, torna-se importante determinar os grupos funcionais de maior importância, de acordo com a função ecológica que determinados grupos desempenham em um ecossistema agrícola, a ciclagem de nutrientes, a decomposição dos resíduos e a estrutura do solo que são de suma importância para a produtividade e sustentabilidade. Os microrganismos do solo constituem um grande recurso dinâmico e são reservatórios de nutrientes em todos os ecossistemas, além de terem um papel fundamental na decomposição da serrapilheira e ciclagem de nutrientes, na estrutura do solo, na fixação de nitrogênio, nas associações micorrízicas e em outras propriedades do solo que influenciam a estabilidade de agroecossistemas. A diversidade dos microrganismos associados a estes processos pode ser afetada, pelas variações no ambiente podendo ter, algumas populações, muita sensibilidade e/ou moderada sensibilidade à perturbação do solo (Kennedy e Smith, 1995), como é o caso dos nematóides.

Estes organismos do solo são um dos indicadores biológicos disponíveis e usados para caracterização de sistemas perturbados, sendo que sua diversidade pode ser afetada por pequenas variações no ecossistema. Entretanto, o seu uso para exame de estresse ambiental e declínio da qualidade de agroecossistemas necessita ser mais investigado (Kennedy e Smith, 1995), em especial em ambientes tropicais onde poucos estudos têm sido realizados. Como exemplo, os nematóides são estudados via de regra como fitoparasitas e pouco como bioindicadores.

Como método de estudo e análise dos nematóides como indicadores, usa-se a classificação dos componentes dinâmicos dentro dos grupos, de acordo com sua similaridade funcional, o que tem sido amplamente reconhecido pelos ecologistas. Tem-se proposto que para um sistema ser estável, é desejável que seus grupos funcionais incluam muitas espécies diferindo não na tolerância ambiental, mas possuindo funções ecológicas similares (Öhonen et al., 1997). Isto é, que tenha alta redundância dentro de suas populações.

A diversidade biológica expressa a variedade de espécies presentes em ecossistemas bem como a variabilidade genética dentro de cada espécie. Tal conceito inclui todas as formas e níveis de vida, e pode ser caracterizada nos níveis morfológico, fisiológico ou genético. No passado, a diversidade era caracterizada apenas ao nível da taxonomia das espécies o que limitava o alcance das informações e relações obtidas. As unidades de diversidade de espécies devem oferecer uma melhor estimativa do funcionamento de um sistema. Biodiversidade pode ser também ser definida como uma riqueza de vida como indicada pela variedade da biota e suas inter-relações com processos bioquímicos do solo.

2.3 Qualidade do Solo

A qualidade do solo é definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais (Doran e Parkin, 1994). Outras definições para a qualidade do solo são:

i) "capacidade de um tipo específico de solo funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano" (Karlen et al., 1997);

ii) "condição do solo relativa aos requerimentos de uma ou mais espécies biológicas e/ou de algum propósito humano" (Johnson et al., 1997);

iii) “capacidade do solo de sustentar a diversidade biológica, regular o fluxo de água e solutos, degradar, imobilizar e detoxificar compostos orgânicos e inorgânicos e atuar na ciclagem de nutrientes e outros elementos” (Seybold et al., 1998).

Os organismos se enquadram nesses critérios, podendo ser utilizados como sensíveis bioindicadores da qualidade do solo. Segundo Doran e Parkin (1994), bioindicadores são propriedades ou processos biológicos dentro do solo que indicam o estado deste ecossistema, podendo ser utilizados no biomonitoramento da qualidade do solo. Biomonitoramento é a medida da resposta de organismos vivos a mudanças no seu ambiente (Wittig, 1993).

A atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5 % do volume total do solo e representa menos que 10 % da matéria orgânica. Este componente biológico consiste principalmente de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo. Os microrganismos decompõem a matéria orgânica, liberam nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradam substâncias tóxicas (Kennedy & Doran, 2002). Além disso, formam associações simbióticas com as raízes das plantas, atuam no controle biológico de patógenos, influenciam na solubilização de minerais e contribuem para a estruturação e agregação do solo. Segundo Powlson et al (1997), a função dos organismos é mediar processos no solo relacionados com o manejo. Desta forma, podem ser sensíveis indicadores de mudanças na qualidade do solo.

2.4 Bioindicadores

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores. Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos.

Uma vez identificados, os bioindicadores devem ser agrupados após sua quantificação, em índices de diversidade. Apesar de ser possível identificar diversidade funcional, a qual expressa o conjunto de funções realizadas em um ambiente, e a diversidade metabólica, que indica os grandes grupos de metabólicos produzidos por organismos, trataremos aqui da diversidade biológica de apenas um grupo de organismos associados a distintas funções: os nematóides.

2.5 Descrição dos Nematóides

Os nematóides pertencem ao reino Animália (Metazoa), sendo, portanto, pluricelulares e apresentando nutrição ingestiva. O sub-reino é o Eumetazoa (células diferenciadas para diferentes órgãos e sistemas), a divisão é Bilaterata (simetria bilateral), a subdivisão é Protostomia (Gastroneurolia) e o superfilo é Pseudocelomata (corpo pseudocelomado) (Tihohod, 1993).

Na maioria das espécies, os machos e as fêmeas são de aparência semelhante, ou seja, não mostram dimorfismo sexual. Quando há dimorfismo, normalmente os machos podem ser distinguidos das fêmeas pelas características sexuais secundárias. A musculatura copulatória pode provocar acentuado curvamento da região caudal do macho. Machos também têm cloaca, enquanto as fêmeas têm abertura genital (vulva) e aparelho digestivo (ânus) separados. As fêmeas podem, ainda, ser maiores que os machos (Ferraz e Monteiro, 1995).

Em sua grande maioria, os nematóides têm fêmeas e machos e reproduzem-se por anfimixia (reprodução cruzada). Em algumas espécies, só a fêmea ocorre normalmente, sendo os machos inexistentes ou muito raros, e então a reprodução é geralmente por partenogênese, que pode ser meiótica ou mitótica.

2.6 Hábitos Alimentares dos Nematóides

A classificação dos grupos tróficos de nematóides mais utilizada até hoje, é aquela apresentada por Yeates et al. (1993). Neste sistema de classificação os nematóides são divididos em cinco grupos alimentares, que são:

Fitoparasitas: são aqueles que se alimentam de plantas vasculares, sendo providos de estiletos (estomatoestilete, odontoestilete ou onquioestilete). Quanto ao seu modo de alimentação, estes nematóides podem ser divididos em cinco grupos: parasita sedentário; endoparasita migratório; semi-endoparasita; ectoparasita e predadores de células epidérmicas e pêlos de radiciais. Incluem membros da ordem Tylenchida, poucos gêneros da ordem Aphelenchida e Dorylaimida.

Os métodos tradicionais de redução de nematóides fitoparasitas na agricultura incluem inúmeras práticas culturais, a rotação das culturas e o uso de pesticidas químicos. Os pesticidas podem causar forte poluição ambiental, por exemplo, a contaminação das águas e toxicidade para animais e seres humanos. Este efeito negativo sobre o meio ambiente levou a restrições na utilização de nematicidas e são hoje menos amplamente aplicados do que no passado. Recentes métodos de Supressão de nematóides incluem adição de matéria orgânica (Akhtar e Malik 2000; Widmer et al. 2002) e práticas de biocontrole (Alabouvette et al., 2006, Kerry e Hominick 2002, Meyer e Roberts 2002, van Bruggen et al., 2006). A abundância de nematóides fitoparasitas na cadeia alimentar pode ser controlada por diversos mecanismos (de Ruiten et al., 1993). Populações de nematóides parasitas de plantas podem ser reprimidas pelas plantas hospedeiras através do efeito chamado "bottom-up" (de Deyn et al., 2004). Além disso, efeito "horizontal" de concorrência entre as diferentes espécies de nematóides pode levar à supressão de inúmeros nematóides. Nematóides competem por alimento e espaço, assim a natureza da competição pode ser fisiológica, bem como física. E também pode ser reprimida pelos seus inimigos naturais. Os inimigos naturais dos fitoparasitas incluem fungos, bactérias, invertebrados predadores e vírus. Estes inimigos naturais são frequentemente utilizados nas práticas agrícolas para reprimir as populações de parasitas plantas (Kerry e Hominick, 2002).

Bacteriófagos: nesse grupo, estão incluídos aqueles que se alimentam de qualquer fonte de alimentação procariota, incluindo bactérias benéficas, saprofiticas e/ou patogênicas, por meio de uma estreita cavidade bucal ou de uma larga cavidade bucal. Já as espécies que possuem estoma largo podem ingerir outros tipos de alimentos (Freckman & Caswell, 1985). Neste grupo estão incluídos membros da ordem Rhabditida. Estes nematóides são benéficos na decomposição da matéria orgânica. Normalmente os nematóides bacteriófagos são encontrados no solo em densidades mais altas que os micófagos e mais baixas que os fitófagos, enquanto que os predadores e onívoros são frequentemente encontrados em densidades mais baixas que os demais (Freckman & Caswell, 1985).

Micófagos: este grupo de nematóides se alimenta de fungos e utilizam o estilete, que é pontiagudo, para furar as hifas. Muitos membros da ordem Aphelenchida estão neste grupo. Assim como os bacteriófagos, os micófagos são muito importantes no processo de decomposição.

Predadores: caracterizam-se por se alimentarem de invertebrados, como protozoários, rotíferos, enchittraeídeos e de outros nematóides. Podem ingerir o alimento ou sugar o conteúdo interno corporal do outro organismo por meio de um estreito estilete. A ordem Mononchida é exclusivamente predadora, embora poucos predadores sejam encontrados na

ordem Dorylaimida. Quando comparados aos outros grupos de nematóides, os predadores não são muito comuns nos solos.

Onívoros: são aqueles que se alimentam de todos os níveis tróficos da cadeia alimentar. Por exemplo, alguns nematóides podem ingerir esporos de fungos como também as bactérias do solo. O uso desse termo, no entanto, restringe-se a poucos nematóides incluídos na ordem Dorylaimida, segundo Ferris e Ferris (1989).

As estruturas tróficas das comunidades de nematóides podem ser alteradas por práticas agrícolas, tais como sistema de cultivo, uso de pesticidas, adubação, uso de matéria orgânica ou aração. Os nematóides da ordem Dorylaimida, por exemplo, são considerados indicadores de perturbação do ecossistema, apresentando baixas densidades em solos cultivados (Ferris & Ferris, 1974). Já a maioria dos membros da superfamília Criconematoidea é encontrada em solos com plantas nativas, desaparecendo em solos cultivados com plantas anuais (Cares e Huang, 1991; Huang et al., 1996). As populações de bacteriófagos são altas em áreas com plantas perenes ou em solos pouco cultivados, enquanto que a densidade dos micófagos é mais alta em áreas com plantas anuais (Ferris & Ferris, 1974).

A estrutura da comunidade de nematóides é mais afetada pelo tipo de vegetação do que pelo tipo de solo (Huang & Cares, 1995). Estudos sobre o papel dos nematóides na ciclagem de nutrientes no solo têm sugerido que estes, através de suas interações com bactérias e fungos funcionam como reguladores da microflora do solo, geralmente aumentando o crescimento das plantas, uma vez que facilitam a disponibilidade de N mineral e outros nutrientes como o fósforo (Ingham et al., 1985; Coleman et al., 1984).

O papel dos nematóides como bioindicadores ecológicos tem sido amplamente enfatizado (Samoiloff, 1987; Bongers, 1990; Huang, 1997), devido ao seu curto ciclo de vida, sua capacidade de sobrevivência e mudanças na abundância das espécies e estrutura trófica em função da perturbação do ambiente (Coleman et al., 1991; Wasilewska, 1991). Assim, a composição da comunidade de nematóides pode rapidamente refletir as trocas na cadeia alimentar no solo (Ingham et al., 1985), os efeitos de correção da acidez do solo (Hyvönen & Huhta 1989), recuperação de áreas perturbadas (Yeates et al., 1991; Ettema & Bongers, 1993), da densidade de plantas por área (McSorley & Frederick, 1996), do nível de cobertura vegetal (Freckman & Huang, 1998) e do uso e manejo do solo (Freckman & Ettema, 1993; Neher, 1999).

Portanto, por desempenharem um papel importante na ciclagem de nutrientes, como reguladores de comunidades microbianas do solo, bem como responder rapidamente a mudanças em condições que afetem esse ambiente, variações na sua abundância de nematóides e composição trófica pode ser uma ferramenta importante para se definir as condições gerais do solo, ou as condições de “sanidade” do solo (Yeates e Bongers, 1999).

2.7 Efeito das Plantas na Nematofauna do Solo

As plantas têm a capacidade de modificar ambiente físico do solo e assim modificar o micro ambiente ocupado pela biota. As raízes das plantas contribuem para a formação de poros, em particular aumento dos já existentes (Angers e Caron, 1998). Muitos nematóides que frequentemente são predadores ou onívoros e espécies com ornamentações na cabeça requerem poros grandes para que possam se movimentar (Yeates, 1980; De Goede e Bongers, 1994). Os nematóides vivem na lâmina de água do solo, mas diferentes espécies se comportam distintamente quanto a umidade do solo (Bakonyi e Nagy, 2000).

As plantas afetam a quantidade e qualidade dos recursos que entram no sistema solo. A rizosfera é o volume de solo que está sobre total influência das raízes. As plantas podem

estimular o crescimento microbiano porque excretam substâncias orgânicas através das raízes, pela secreção de mucilagem e senescência de raízes da epiderme (Nguyen, 2003).

O fato das plantas influenciarem a microbiota do solo faz com que seja possível que também influenciem a população de nematóides bacteriófagos. Existem diferenças no número de nematóides em diferentes espécies de plantas. Além disso, diferentes espécies de nematóides com o mesmo hábito alimentar podem se comportar de forma diferente na presença de determinadas plantas (Yeates, 1999).

As plantas também podem diferir na quantidade e qualidade dos recursos que retornam para o solo pela liteira das plantas e especialmente a qualidade da planta é responsável pela comunidade de invertebrados decompositores (Wardle et al, 2006).

Plantas variam na composição química de sua liteira tendo diferença na taxa de decomposição desta, e a concentração de nitrogênio é um fator importante (Bonner e Nicholson, 1997; Wardle et al., 1998; Scherer-Lorenzen et al., 2003). Por exemplo, plantas de início de sucessão produzem liteira de melhor qualidade enquanto que as plantas de estágio clímax produzem substâncias de menor qualidade, por serem ricas em fenóis, resultando em uma inversão da dominância de bactérias para fungos como decompositores primários (Wardle, 2002; Bardgett, 2005).

2.8 Utilização da Análise Multivariada

Um dos principais problemas encontrados por pesquisadores em seus trabalhos de pesquisa é como avaliar seus dados que muitas vezes envolve fenômenos biológicos, químicos e físicos.

O desenvolvimento tecnológico oriundo das descobertas científicas tem alavancado o próprio desenvolvimento científico, ampliando em várias ordens de grandeza a capacidade de obter informações de acontecimentos e fenômenos que estão sendo analisados. Uma grande quantidade de informação deve ser processada antes de ser transformada em conhecimento. Portanto, cada vez mais estamos necessitando de ferramentas estatísticas que apresentem uma visão mais global do fenômeno que aquela possível numa abordagem univariada. A denominação “Análise Multivariada” corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam simultaneamente todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos. Os métodos de análise multivariados são métodos estatísticos que utilizam os dados coletados ou mensurados em várias variáveis para explicação dos fenômenos estudados.

As técnicas de estatística multivariada são ferramentas poderosas para estudar e resumir tendências subjacentes em estruturas complexas (Legendre & Legendre, 1998). Os métodos de estatística multivariada foram desenvolvidos antes do século 20, mas as limitações computacionais atrasaram sua grande aplicabilidade. Na biologia, os métodos multivariados foram primeiramente utilizados por ecologistas de plantas, para explorar e fazer levantamentos de dados de plantas (Goodall, 1954, Orlóce, 1966). Mais recentemente, vários pesquisadores da área agrícola, têm estudado esses métodos para analisar e interpretar observações tão complexas dos experimentos.

2.9 Pressuposições das Análises Multivariadas

É importante compreender que as análises estatísticas de modelos com erros aditivos baseiam-se na pressuposição de normalidade. A distribuição normal requerida refere-se, não a variação dos dados, mas a variação residual, dos erros existentes entre as observações e o modelo ajustado. A variação sistemática dos dados deve-se presumidamente aos efeitos fixos dos modelos e o restante da variação aleatória é devido a pequenas influências independentes, as quais produzem resíduos com distribuição normal (Bock, 1975).

Um segundo ponto, muitas vezes negligenciado nas discussões das pressuposições sobre a distribuição, refere-se ao fato de que as afirmações probabilísticas dos testes de significância e dos intervalos de confiança, dizem respeito a estatísticas tais como médias amostrais ou diferenças entre médias, e não a distribuição das observações individuais.

2.10 Métodos Multivariados

Existem vários métodos de análise multivariada com finalidades bem diversas entre si. Portanto é necessário saber que conhecimento se pretende gerar. Quando o interesse é verificar como as amostras se relacionam, ou seja, o quanto estas são semelhantes segundo as variáveis utilizadas no trabalho, destacou-se dois métodos que podem ser utilizados: a análise por agrupamento hierárquico (HCA) e a análise por componentes principais (PCA). Quando a finalidade principal é fazer previsão, por exemplo, quando se têm muitas variáveis independentes e queremos encontrar uma variável dependente, a regressão linear múltipla e redes neurais são métodos indicados para esta situação.

Segundo Ferreira (1996), os objetivos gerais da análise multivariada são:

- Redução de dados ou simplificação estrutural: o fenômeno sob estudo é representado da maneira mais simples possível, sem sacrificar informações valiosas e tornando as interpretações mais simples;
- Ordenação e agrupamento: agrupamento de objetos (tratamentos) ou variáveis similares, baseados em dados amostrais ou experimentais;
- Investigação da dependência entre variáveis: estudos das relações estruturais entre variáveis muitas vezes é de interesse do pesquisador;
- Predição: relações entre variáveis devem ser determinadas para o propósito de predição de uma ou mais variável com base na observação de outras variáveis;
- Construção e teste de hipóteses.

3. CAPÍTULO I

USO DA NEMATOFAUNA COMO INDICADOR DAS PRÁTICAS DE MANEJO E COBERTURA DO SOLO NO CERRADO DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

3.1 RESUMO

Acredita-se que os diferentes sistemas de manejo agrícola e coberturas vegetais atuem de forma variável sobre a comunidade de nematóides do solo. O estudo apresentado neste Capítulo 1 foi conduzido a partir de um experimento de longa duração (14 anos) no campo experimental da Embrapa Gado de Corte em Campo Grande – MS. Os tratamentos avaliados foram: CD - Mata original de cerrados, como testemunha da área sem perturbação por práticas agrícolas; PL - Pastagem permanente de *B. decumbens* implantada em dezembro de 1993, consorciada com as leguminosas *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes macrocarpa* e *Stylosantes guianensis* e mantida com adubação de manutenção bianual; SCV - área sob lavoura contínua de soja desde 1993, com preparo do solo convencional (uma aração e duas gradagens), sem cultura de inverno; SCS - área sob lavoura contínua de soja desde 1993, preparo de solo conservacionista (uma aração e uma gradagem), com plantio de milho (*Pennisetum americanum*) no inverno; SPD - área sob lavoura contínua de (*Glycine max* Merrill) soja desde 1993, sem preparo de solo, com plantio direto da soja onde foi cultivado milho (*Pennisetum americanum*) no inverno. Cada tratamento apresenta quatro blocos no campo. Baseando-se em características taxonômicas e parâmetros ecológicos, as comunidades de nematóides foram analisadas em função da abundância total, função trófica, padrão de decomposição da matéria orgânica, diversidade de Shannon, dominância de Simpson, equitabilidade de Pielou e grau de distúrbio. Analisando os resultados, observou-se que foram identificados um total de 70 gêneros acumulados nos cinco sistemas de manejo estudados nas quatro épocas de coleta. Os gêneros mais abundantes foram *Helicotylenchus* (fitoparasita), *Acrobeles*, *Eucephalobus*, *Cephalobus* (bacteriófagos) e *Tylenchus* (micófagos). Os sistemas CD e SCS apresentaram os maiores números de gêneros (S) de nematóides. O sistema CD apresentou a maior diversidade de nematóides seguido do sistema SCS. Os sistemas PL e SCV apresentaram os maiores valores do índice de dominância de Simpson, com dominância de nematóides fitoparasitas. O sistema CD apresentou maior equitabilidade dos gêneros de nematóides. Quando se estudou a maturidade dos sistemas em função dos grupos tróficos de nematóides observou-se que o sistema CD apresentou o maior índice de maturidade, seguido do sistema SCS e que o sistema PL apresentou o menor índice de maturidade, devido a grande população de nematóides fitoparasitas. A proporção dos grupos tróficos, dominado por fitoparasitas e bacteriófagos, foi semelhante ao registrado em literatura em pastagens. O padrão de decomposição da matéria orgânica foi diferenciado de acordo com a cobertura do solo.

Palavras chave: Sistemas de manejo. Cadeia trófica. Microfauna. Bioindicadores do solo.

3.2 ABSTRACT

It is considered that the different systems of agricultural management and land cover act directly on the soil nematodes population. The study discussed in Chapter 1 was lead from an experiment of long term duration (14 years) in the experimental field of the Embrapa Gado de Corte in Campo Grande – MS. The evaluated treatments were: CD - original Cerrado forest, an area without disturbance for practical agriculturists; PL - permanent pasture of *B. decumbens* implanted in December of 1993, consociated with mucunoides legumes *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes guianensis* and *Stylosanthes macrocarpa* with fertilization of biennial maintenance; SCV - area under continuous soybean farming (*Glycine max* Merrill) since 1993, with conventional management, without winter crops; SCS - area under continuous farming of soybean (*Glycine max* Merrill) since 1993, conservacionist soil, with plantation of millet (*Pennisetum americanum*) in the winter; SPD - area under continuous farming of soybean (*Glycine max* Merrill) since 1993, without soil preparation, with direct plantation of the soybean, with millet (*Stylosanthes macrocarpa*) in the winter. Each treatment presented four blocks in the field. Based on taxonomics characteristics and ecological parameters, the nematodes communities were analyzed in function of the total abundance, trophic function, standard of decomposition of the organic substance, diversity of Shannon, dominance of Simpson, equitability of Pielou and degree of disturbance. There were identified a total of 70 genus accumulated in the five studied systems, during four sampling periods. The genus most abundant was *Helicotylenchus* (plant parasitic), *Acrobeles*, *Eucephalobus*, *Cephalobus* (bacterivore) and *Tylenchus* (fungivore). The systems CD and SCS presented the highest numbers of nematodes genus (S). The CD system showed the highest diversity of nematodes followed by SCS. The systems PL and SCV presented the highest values for the Simpson dominance index, with the higher number of fitoparasitic nematodes. The system CD presented greater equitability of the nematodes genus. When studied the maturity of the systems as a function of the trophic groups of nematodes it was observed that the system CD had the highest index of maturity, followed by SCS and PL presented which showed the lowest index of maturity. This is explained by the greater population of nematodes plant parasitic. The ratio of the trophic groups, dominated by fitoparasitics and bacterivores, was similar to the values registered in the literature in pastures. The standard decomposition of the organic substance was differentiated in accordance with the land use cover change.

Key words: Management systems. Food web. Micro fauna. Soil Bioindicators

3.3. INTRODUÇÃO

Como a exploração agrícola dos solos dos Cerrados é recente, pouco se sabe sobre a sustentabilidade, em longo prazo, dos diferentes sistemas de produção agrícola que começam a ser prática corrente nesse ecossistema. Sabe-se que a substituição da vegetação nativa de rica complexidade, por monocultivo pode ser catastrófica à estabilidade da produção agrícola neste ecossistema. O uso principal da área para exploração pecuária nos moldes atuais tem mostrado isso, considerando-se que, na atualidade, pelo menos 80% das pastagens introduzidas nos Cerrados apresentam algum estágio de degradação, com baixa capacidade de suporte animal e baixa produção de carne por área (Barcellos, 1996; Macedo, 1995).

Novo enfoque tem sido dado para a exploração agrícola, especialmente com a cultura da soja, tanto em monocultivo como em rotação de culturas, inclusive para recuperação de áreas degradadas. Entretanto, o cultivo contínuo da soja, com preparo de solo nos moldes atualmente praticados tem resultado em balanços negativos de nitrogênio (Miranda, 2001a, b) e redução dos estoques de Carbono (C) do solo em relação aos Cerrados nativos (Corraza et al., 1999; Miranda, 2001; Miranda et al., 2001).

Assim, é necessário conhecer os efeitos das práticas agrícolas em uso corrente nos cerrados sobre a biologia do solo e os sistemas de produção eficientes. Nos ecossistemas naturais, a cobertura vegetal permanente proporciona proteção contínua do solo, além de reciclar nutrientes através dos seus resíduos, com isso mantendo ativa uma vasta diversidade de microrganismos benéficos à estabilidade do sistema e da produção agrícola. O conhecimento da dinâmica desses organismos nos solos naturais e solos em uso sob diferentes sistemas de produção pode ser uma ferramenta muito útil para se determinar a sustentabilidade dos sistemas produtivos nos cerrados.

Seguindo estes argumentos, este trabalho teve como objetivo verificar a estrutura da comunidade de nematóides em solos sob diferentes sistemas de manejo e cobertura, com vista a determinação de parâmetros biológicos que permitam aferir a sustentabilidade de sistemas de produção agrícola e pecuária. A hipótese de trabalho assume que estratégias de manejo de culturas vegetais causam impactos diferenciais sobre a estrutura da população de nematóides do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Localização e histórico da área experimental

Os estudos foram conduzidos em área experimental onde diferentes sistemas de manejo e uso do solo estão sendo comparados desde 1993. A área situa-se na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS (20°26'48"S e 54°43'19"W e altitude de 530,73 metros). No período amostral, a precipitação variou de 0mm (agosto de 2004) e 266,20mm (dezembro de 2004), com temperaturas variando entre 14,04°C (março de 2006) e 26,09°C (janeiro de 2004) (Figura 1). O solo da região foi classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 1999).

Inicialmente a área experimental era usada com pastagem de *Brachiaria* degradada, estabelecida em 1973/74. Antes da instalação do experimento, em 1993, foram aplicados 80 Kg P₂O₅ ha⁻¹ e 2,5 Mg calcário dolomítico ha⁻¹ em todas as parcelas, exceção da mata de cerrado. Nessa área, a vegetação natural de cerrados, tipo Cerradão, foi desmatada entre 1977/78. Em 1978 instalou-se pastagem de *B. decumbens* na área, fazendo-se calagem e uma adubação leve. No começo dos anos 90 essa pastagem estava severamente degradada. Em 1993, instalou-se na área um experimento de longa duração com diferentes e sistemas e sub-sistemas de exploração agrícola e pecuária, conforme descrito em Macedo (2001).

3.4.2 Tratamentos e delineamento experimental

As coletas foram realizadas em quatro épocas distintas, a primeira no mês de agosto de 2004, a segunda em março de 2005, a terceira em março de 2006 e a última em setembro de 2006.

A gramínea utilizada como pastagem foi *B. decumbens* cv. Basilisk no subsistema de pastagem contínua. Há subsistemas com plantio de milho como cultura de outono/inverno, com diferentes sistemas de preparo de solo para o plantio. As leguminosas usadas em consórcio com a pastagem são o *Calopogonium mucunoides* e o *Stylosanthes guianensis*.

Como parcela de referência foi utilizada uma área de mata de cerrado original, com cerca de 30 ha. Para os estudos propostos, foram selecionadas as seguintes coberturas:

CD - Mata original de cerrados (Cerradão), como testemunha da área sem perturbação por práticas agrícolas.

PL - Pastagem permanente com *B. decumbens* implantada em dezembro de 1993, consorciada com as leguminosas *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes macrocarpa* e *Stylosantes guianensis* e mantida com adubação de manutenção bianual com 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 80 kg K₂O ha⁻¹ e submetido a pastejo contínuo.

SCV - Área sob lavoura contínua de soja (*Glycine max* Merrill) desde 1993, com preparo do solo convencional (uma aração e duas gradagens). Esta área não apresenta nenhuma cultura no inverno, isto é, fica em pousio.

SCS - Área sob lavoura contínua de soja (*Glycine max* Merrill) desde 1993, preparo de solo conservacionista (uma aração e uma gradagem), com plantio de milho (*Pennisetum americanum*) no inverno. Nas coletas realizadas em agosto de 2004 e setembro de 2006, a área estava com o milho. Nas coletas de março de 2005 e 2006 a área apresentava a soja no campo.

SPD - Área sob lavoura contínua de (*Glycine max* Merrill) soja desde 1993, sem preparo de solo, com plantio direto da soja onde foi cultivado milho (*Pennisetum americanum*) no inverno. Nas coletas realizadas em agosto de 2004 e setembro de 2006, a área

estava com o milho. Nas coletas de março de 2005 e 2006 a área apresentava a soja no campo.

O experimento foi em blocos ao acaso, com parcelas de 0,7 ha para a pastagem e 1,3 ha para os sistemas com cobertura de soja. A mata de cerrado não apresentava um delineamento estatístico.

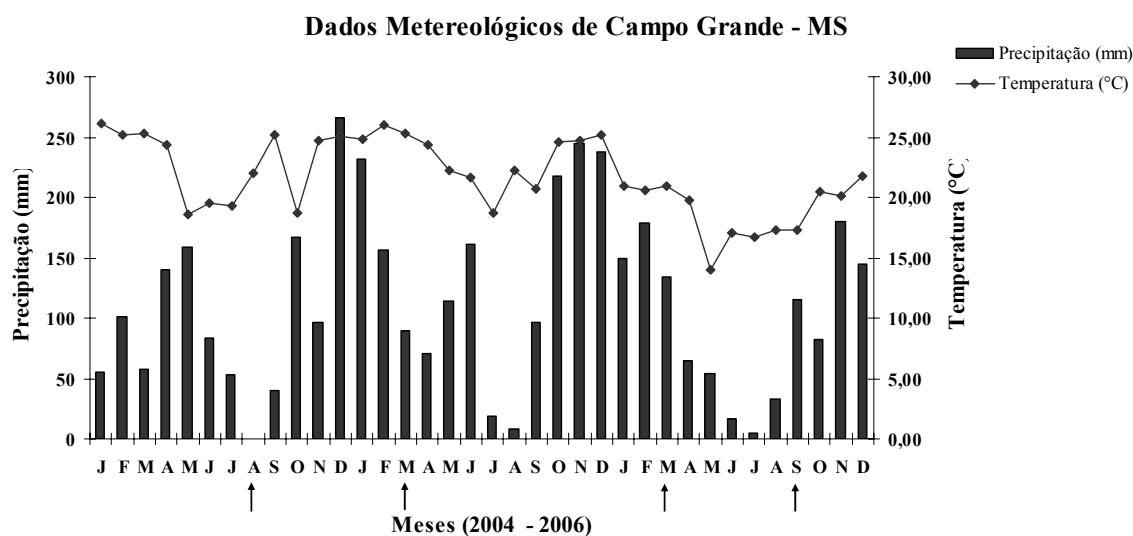


Figura 1- Temperatura média mensal (linha com marcas) e precipitação média mensal (colunas) em Campo Grande - MS, no período de 2004-2006. As setas indicam as épocas de coleta. (Fonte: Embrapa Gado de Corte e INMET).

3.4.3 Amostragem, extração e identificação dos nematóides

Em cada cobertura foram coletados seis amostras de solo na profundidade de 10cm, com o auxílio de um enxadão, por repetição. Essas seis amostras foram misturadas para se ter uma amostra composta por repetição. A profundidade de 10 cm foi utilizada pela maior atividade da biota do solo.

As amostras de solo de 400 g foram suspensas em 2 litros de água e peneiradas em malha de 60 mesh e coletada em malha de 500 mesh pelo método da flutuação-sedimentação-peneiramento de Flegg & Hopper (1970). A técnica da centrifugação foi utilizada para clarificar as amostras (Jenkins, 1964). De acordo com a técnica, os nematóides obtidos no peneiramento foram novamente suspensos em água e centrifugados (centrífuga marca FANEM modelo 204-NR) a 3000 rpm por 5 minutos. Após centrifugada, o "pellet" da amostra foi suspenso em solução de sacarose a 50% e centrifugados por 1 minuto a 1.500 rpm. Os sobrenadantes foram vertidos sobre peneira de 500 mesh para se obter os nematóides em amostras clarificadas. A seguir as amostras foram submetidas a uma temperatura de 60°C em banho-maria para matá-los sem que as estruturas do corpo não fossem danificadas. Logo após foram fixadas em solução de formalina 8% e reduzidas a um volume final de 10 ml.

Os nematóides foram identificados em microscópio. A classificação taxonômica dos nematóides foi baseada em Andrassy (1983) para nematóides bacteriófagos da sub-ordem Rhabditina, May et al. (1996) para nematóides em geral e Thorne (1974) para a ordem Dorylaimida.

3.4.4 Descrição da comunidade de nematóides

Baseando-se em características taxonômicas e parâmetros ecológicos, as comunidades de nematóides foram analisadas em função dos seguintes parâmetros:

Abundância: Abundância total (número total de nematóides/amostra de solo), abundância absoluta e relativa (referente ao número e porcentagem, respectivamente, de cada gênero sobre a abundância total) (Magurran, 1988).

Função Trófica: baseado na abundância relativa dos cinco grupos tróficos: bacteriófagos (BF), micófagos (FF), onívoros (OM), predadores (PR) e fitoparasitas (PP), conforme descrito por Yeates et al. (1993).

Padrão de Decomposição da Matéria Orgânica: representado pela razão bacteriófagos/micófagos (BF/FF) (Freckman & Ettema, 1993, 1993) e por (bacteriófagos +micófagos)/fitoparasitas (FF+BF)/PP (Wasileuska, 1994).

Diversidade: foi utilizado para calcular a diversidade e foi computado pela seguinte fórmula: $H' = -\sum p_i \log(p_i)$ onde p_i é a frequência do taxa na população total (Shannon & Weaver, 1949). Índice de equitabilidade de Pielou $J' = H'/H'_{max}$, onde: H' = Índice de Shannon-Weaver, $H'_{max} = \log S$ e S = número total de gêneros numa comunidade amostrada. Índice Dominância de Simpson (λ). O índice de dominância indica o grau em que uma dada família ou espécie predomina em uma comunidade devido ao seu tamanho ou abundância, sendo calculado com base na equação: $d = \sum p_i^2$

Distúrbio: Índice de maturidade (IM), para incorporar características ecológicas de famílias baseado em colonizadores e persistentes, com escala de 1 a 5. Índice de parasitas de plantas (IPP), baseado em uma escala que varia de 2 a 5, abrangendo os colonizadores (c) e os persistentes (p). Tanto o IM quanto o IPP, são calculados pela mesma fórmula, sendo $\sum v(i) \times f(i)$, onde $v(i)$ = valor c-p, que varia de 1 a 5 (Bongers, 1990), para o taxa i . Para o IPP o valor c-p varia de 2 a 5. O IM é uma medida semiquantitativa e leva em consideração características ecológicas e biológicas de todos os nematóides de uma comunidade em particular (Poranzinska, et al., 1999), ao passo que, IPP, refere-se somente a nematóides fitoparasitas. Segundo Bongers (1990), alto valor do índice de maturidade, em geral, indica um ecossistema menos perturbado.

3.4.5 Caracterização das propriedades químicas e físicas do solo

As propriedades químicas do solo foram analisadas segundo metodologia proposta pela Embrapa (1997). A análise granulométrica foi efetuada pelo método da pipeta (Tabela 1). A textura do solo foi baseada em valores médios da área experimental. De acordo com os dados apresentados na tabela 1, o solo da área experimental apresenta textura média.

Tabela 1- Análise granulométrica do solo da área experimental da Embrapa Gado de Corte (MS).

Coberturas	Profundidade	Areia	Argila	Silte
	(cm)	(g kg⁻¹)	(g kg⁻¹)	(g kg⁻¹)
CD	0-10	470	400	120
SPD	0-10	650	340	110
SCV	0-10	630	330	40
SCS	0-10	620	310	60
PL	0-10	540	340	110

CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

3.4.6 Análise estatística

Para avaliar a influência das coberturas nas densidades de nematóides, nos grupos funcionais e nos índices foi feita uma estatística descritiva, isto é, utilizou-se a média \pm o erro padrão. A ANOVA foi feita apenas para os dados de fertilidade com o auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéricas (SAEG), versão 5.0 (Euclides, 1983).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Análise química e física do solo

Na tabela 2 observa-se que o sistema de mata nativa de cerrado (CD) apresentou os menores valores de pH, K, Ca e Mg. Este sistema também apresentou maiores teores de Al, que condiz com a realidade dos solos do cerrado, com baixo pH e elevados valores de Al. Os tratamentos que receberam calagem apresentaram valores maiores de pH, K, Ca e Mg. Existem poucos relatos dos efeitos de Ca e Mg nas comunidades de nematóides. Acredita-se que estes nutrientes possam afetar as comunidades de nematóides de modo indireto (Poranzinska et al., 1999). O carbono orgânico foi menor no tratamento com maior intervenção antrópica sendo o sistema SCV com maior mecanização e conseqüentemente, menores valores de Corg.

Tabela 2- Caracterização química do solo a 10 cm de profundidade da área experimental da Embrapa Gado de Corte (MS).

Coberturas	pH	Corg	P	K	Ca	Mg	Al
	Água	(%)	mg/L		cmolc / dm ³		
CD	4,34 b	1,77 ab	2,5 c	36,81 b	1,01 c	0,70 b	1,47 a
SCS	6,29 a	1,70 ab	17,75 a	119,44 a	4,11 b	3,02 a	0 b
SCV	6,35 a	1,50 b	15,84 ab	126,69 a	3,99 b	2,72 a	0 b
SPD	6,58 a	1,87 ab	21,33 a	123,31 a	4,82 a	3,38 a	0 b
PL	6,13 a	1,99 a	7,75 bc	101,81 a	4,24 b	3,05 a	0,07 b

As médias assinaladas com as mesmas letras, na horizontal, não diferem pelo teste de Tukey (0,05).

CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

3.5.2 Comunidade de nematóides

Identificou-se um total de 69 gêneros de nematóides durante todas as coletas nos cinco sistemas de manejo estudados (Tabela 3). O número de gêneros acumulados por tratamento, nas quatro épocas, apresentou a seguinte seqüência: A Soja plantio direto (SPD) foi o sistema que apresentou maior número de gêneros (51), em seguida o sistema soja plantio convencional (SCV) 46, Soja conservacionista (SCS) 45, e pastagem consorciada com leguminosa (PL) nos quais ocorreu número similar (42). A mata nativa de cerrado (CD) foi o sistema com menor número de gêneros (39).

O gênero *Helicotylenchus*, nematóide fitoparasita, ocorreu em maior abundância no sistema de SCS e menor no CD. Dentre os grupos funcionais apresentados na tabela 3, os bacteriófagos apresentaram a maior diversidade de gêneros seguido dos fitoparasitas, predadores, micófitos e onívoros (22, 15, 14, 11 e 9 respectivamente). Dentre os bacteriófagos também houve uma maior quantidade de gêneros raros.

Dentre os nematóides micófitos os gêneros *Tylenchus* e *Aphelenchus* apresentaram maior abundância no sistema SCV e SPD, respectivamente. Seis gêneros foram encontrados apenas no sistema de SCS, que são: *Dorylaimellus*, *Granonchulus*, *Mylonchulus*, *Aulolaimoides* e *Nygolaimus*. Cinco gêneros foram encontrados apenas no sistema SPD, que foram os gêneros: *Hemicycliophora*, *Alaimus*, *Bleterius*, *Cronogaster*, *Teratocephalus* e

Aphelenchoides, que com exceção do gênero *Teratocephalus* são todos nematóides bacteriófagos. O gênero *Tyleptus* foi restrito ao sistema CD.

Tabela 3- Composição média dos gêneros, grupo funcional e abundância (Nº de Indivíduos 400g⁻¹ solo) de nematóides identificados nas amostras de solo, coletadas no experimento da Embrapa Gado de Corte, município de Campo Grande – MS.

Gêneros	Valor c-p	Sistemas de Manejo				
		CD	SCS	SCV	SPD	PL
Fitófagos						
<i>Criconema</i>	3	1,2	0,3	-	0,3	-
<i>Criconemella</i>	3	0,4	1,3	0,4	0,8	1,3
<i>Discocriconemella</i>	3	1	-	-	2,1	-
<i>Helicotylenchus</i>	3	23,9	45,1	26,2	34,4	38,7
<i>Hemicriconemoides</i>	3	0,1	-	0,1	-	0,2
<i>Hemicycliophora</i>	3	-	-	0,1	-	-
<i>Hoplolaimus</i>	3	0,3	1,1	-	0,3	0,5
<i>Longidorella</i>	5	0,4	0,9	0,3	0,3	0,7
<i>Meloidogyne</i>	3	0,2	0,9	0,7	0,8	0,1
<i>Paralongidorus</i>	5	-	-	0,1	-	0,1
<i>Pratylenchus</i>	3	1,4	1,8	3,1	3,5	3
<i>Psilenchus</i>	2	-	-	-	0,3	0,4
<i>Scutellonema</i>	3	-	-	-	2,9	0,3
<i>Tylenchorhynchus</i>	3	0,1	-	-	1	0,1
<i>Xiphinema</i>	5	-	0,1	0,1	0,1	0,1
Gêneros raros		0,5	1,1	0,5	1	1,5
Bacteriófagos						
<i>Acrobeles</i>	2	12,3	10,5	8,1	6,3	9,7
<i>Acrobeloides</i>	2	2,4	0,1	1,1	0,7	1,6
<i>Alaimus</i>	4	-	-	0,1	-	-
<i>Amphidelus</i>	4	-	-	-	0,2	-
<i>Bleterius</i>	2	-	-	0,1	-	-
<i>Cephalobus</i>	2	6,9	3,6	6,4	4,9	5,9
<i>Chiloplacus</i>	2	-	-	-	0,1	0,2
<i>Cronogaster</i>	2	-	-	0,1	-	-
<i>Cruznama</i>	2	0,7	0,3	1,7	0,3	0,1
<i>Diploscapter</i>	1	-	0,2	1,7	0,5	0,6
<i>Eucephalobus</i>	2	6,9	4,8	6,8	4,8	5,4
<i>Mesorhabditis</i>	1	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1
<i>Monhystera</i>	2	0,3	-	0,3	0,1	-
<i>Osstella</i>	2	-	-	-	0,1	-
<i>Panagrolaimus</i>	1	0,2	0,2	1,4	0,3	1,9
<i>Prismatolaimus</i>	3	0,9	1,5	2,2	2,9	0,5
<i>Rhabditis</i>	1	2,9	4,6	2,1	1,9	5

Continuação da Tabela 3...		CD	SCS	SCV	SPD	PL
<i>Teratocephalus</i>	3	-	-	0,1	-	-
<i>Turbatrix</i>	2	1,7	0,3	0,5	0,4	1,3
<i>Tylocephalus</i>	2	0,3	0,9	0,9	0,3	0,6
<i>Wilsonema</i>	2	-	0,3	0,2	0,6	0,6
<i>Zeldia</i>	2	-	-	0,4	0,6	-
Gêneros raros		0,7	1,6	2,4	2	1,4
Micófagos						
<i>Aphelenchus</i>	2	4,6	5	3,4	6,5	8,8
<i>Aphelenchoides</i>	2	-	-	0,1	-	-
<i>Diphtherophora</i>	3	0,5	-	-	0,4	-
<i>Ditylenchus</i>	2	2,8	0,9	1,2	2,2	2,1
<i>Paraphelenchus</i>	2	0,1	0,1	2,6	0,3	0,8
<i>Tylencholaimellus</i>	4	2,7	0,6	-	1,6	-
<i>Tylencholaimus</i>	4	-	-	-	0,8	0,2
<i>Tylenchus</i>	2	10,9	4,8	12,3	8,6	2,2
<i>Tyleptus</i>	4	1,5	-	-	-	-
Gêneros raros		0,5	-	0,1	1,2	0,2
Predador						
<i>Criptonchus</i>		-	-	0,4	0,1	-
<i>Discolaimoides</i>	4	1,5	0,4	2	0,6	1,4
<i>Discolaimium</i>	4	0,8	0,2	0,2	-	0,9
<i>Discolaimus</i>	4	0,5	0,1	0,2	0,8	0,6
<i>Dorylaimellus</i>	4	-	1	-	-	-
<i>Dorylaimus</i>	4	-	-	-	0,3	0,4
<i>Granonchulus</i>	4	-	0,1	-	-	-
<i>Idiodorylaimus</i>	4	-	-	-	-	0,1
<i>Iotonchus</i>	4	-	0,2	-	0,2	-
<i>Leptonchus</i>	4	-	-	0,1	-	0,1
<i>Mesodorylaimus</i>	4	0,2	-	-	-	-
<i>Mononchus</i>	4	0,5	1,5	1,6	0,4	0,9
<i>Mylonchulus</i>	4	-	0,1	-	-	-
<i>Prionchulus</i>	4	0,2	0,3	0,3	0,1	-
Gêneros raros		2,1	0,9	0,7	1,3	2,1
Onívoros						
<i>Actinolaimus</i>	5	-	-	-	0,4	-
<i>Aporcelaimellus</i>	5	-	-	0,5	0,3	-
<i>Aporcelaimus</i>	5	-	-	0,1	-	0,2
<i>Aulolaimoides</i>	4	-	0,2	-	-	-
<i>Eudorylaimus</i>	4	0,1	1,4	1	0,6	-

Continuação da Tabela 3...	CD	SCS	SCV	SPD	PL	
<i>Labronema</i>	4	3,9	2,6	3	1,9	1,8
<i>Lordellonema</i>	4	-	-	-	0,2	-
<i>Nygolaimus</i>	5	-	0,1	-	-	-
<i>Pungentus</i>	4	1,8	1,4	0,8	1,9	0,9
Gêneros raros		0	0,3	0,6	0,8	0,2
Abundância Total		98	981,7	469	570,6	743,9
Nº Total de Gêneros		39	42	44	51	41
Nº de Gêneros Raros*		11	17	24	24	19

CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

* Gêneros com abundância menor que 1,0

3.5.3 Abundância total

A menor abundância de nematóides foi observada no sistema de mata nativa de cerrado (CD).

O número médio de nematóides por amostra variou de uma média mínima de 79 no sistema CD até 2646 indivíduos no sistema PL (Figura 2).

Ao avaliar os tratamentos por época de coleta observou-se que o sistema CD apresentou uma menor variação na abundância ao longo do tempo e que com exceção do sistema PL todos os outros sistemas tiveram um decréscimo da abundância no inverno de 2006 (Figura 2). Os estudos de Freckman & Ettema (1993), onde se avaliou o efeito da perturbação antrópica na comunidade de nematóides do solo em oito tratamentos (variando a intervenção humana), concluíram que a abundância total sozinha não é uma boa ferramenta para distinguir tratamentos.

Os sistemas CD e SCS apresentaram os maiores números de gêneros (S) de nematóides (Figura 3). Dentre os sistemas de cultivo de soja, o sistema SCS apresentou maior número de gêneros. Na coleta do inverno de 2004 houve uma diferença marcante entre os sistemas de plantio de soja, com o sistema SCS apresentando o maior de gêneros. Nas épocas de verão, quando a soja estava no campo, não houve diferença estatística do número de gêneros entre os sistemas de plantio de soja.

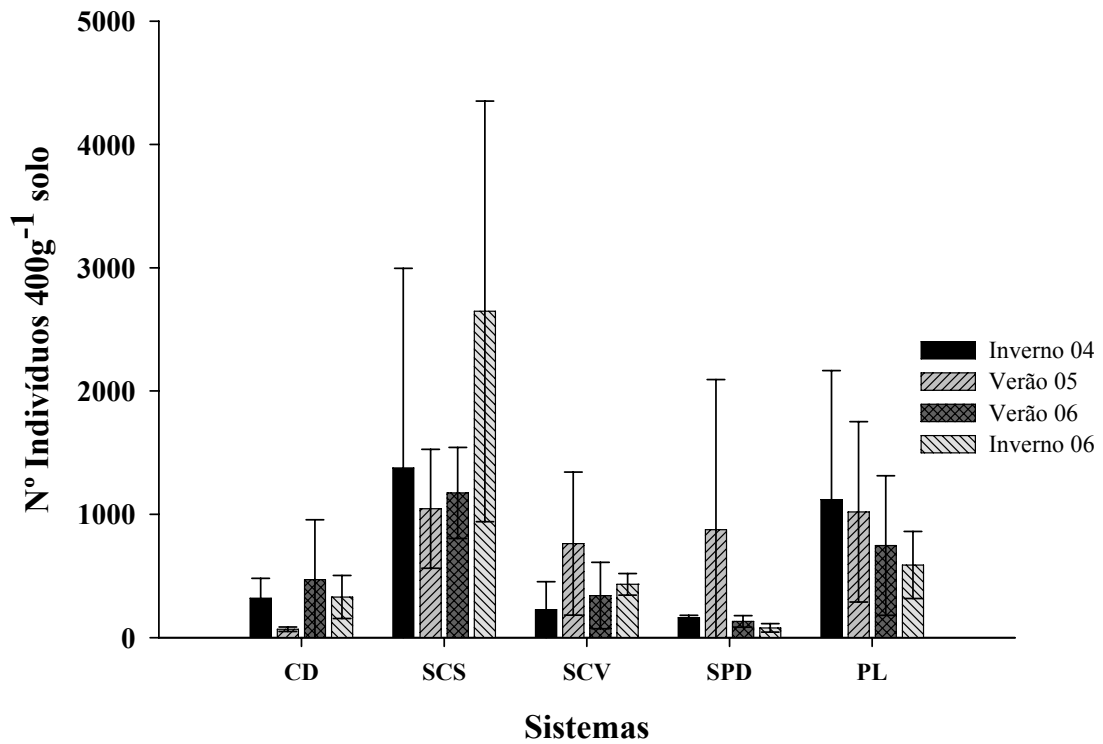


Figura 2- Abundância de nematóides (N° Indivíduos $400g^{-1}$ solo) em diferentes sistemas de (Campo Grande – MS) e quatro épocas de coleta 1=inverno 2004; coleta 2= verão 2005; coleta 3= verão 2006 e coleta 4= inverno 2006. Os valores são referentes à média de quatro blocos. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

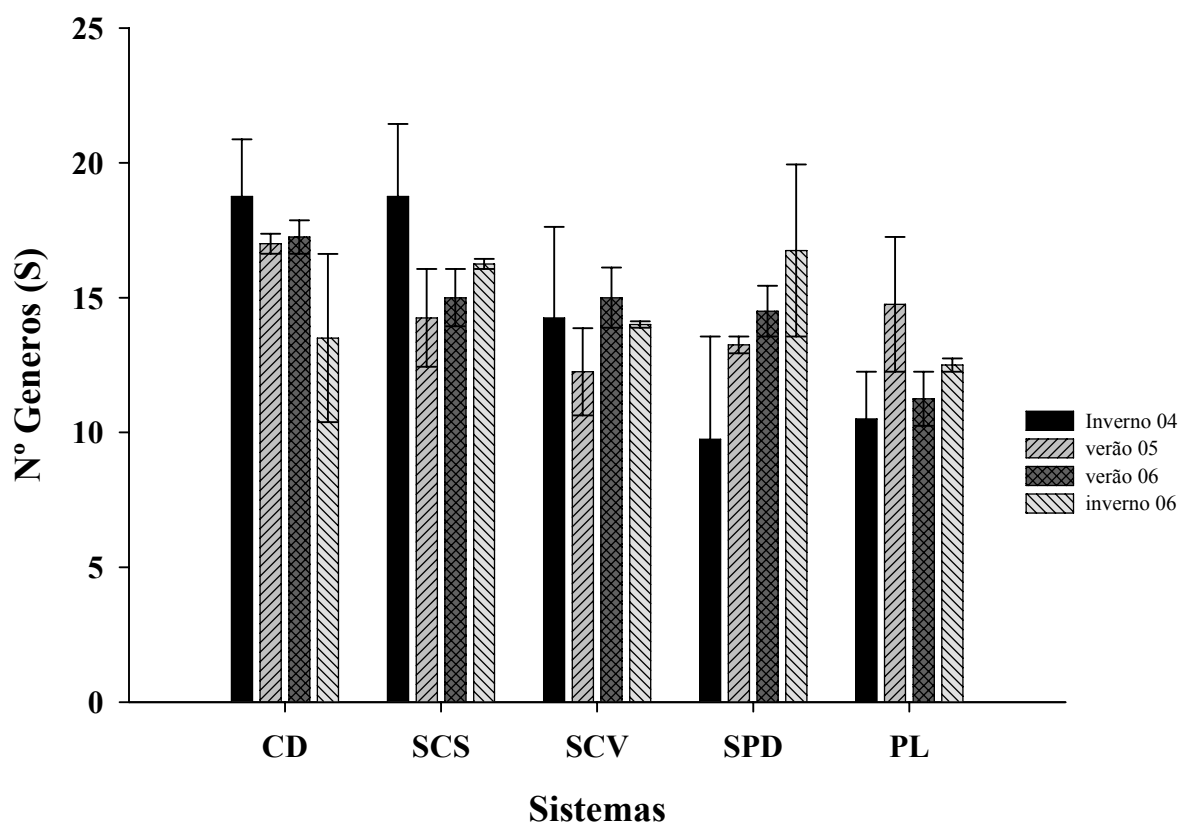


Figura 3- Número de gêneros (S) de nematóides em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) e quatro épocas de coleta. Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

3.5.4 Diversidade

O índice de diversidade de Shannon foi maior no sistema de mata de cerrado (CD) e no sistema de soja plantio convencional (SCV), e menor nos sistemas de pastagem consorciada com leguminosas (PL) e soja plantio direto (SPD) (Figura 4). Ao se estudar a diversidade de nematóides nos diferentes sistemas de manejo, observou-se que houve uma grande variação deste índice nas diferentes épocas de coleta. Observa-se que na coleta realizada no inverno de 2004 os sistemas SPD e PL apresentaram os menores valores do índice de Shannon (H'), sendo estatisticamente diferentes dos sistemas CD, SCS e SCV. O sistema PL, em quase todas as épocas de coleta, apresentou os menores valores de H' . O contrário ocorreu com o sistema CD que em sua maioria, apresentou os maiores valores de H' . O sistema CD apesar de ter apresentado os maiores valores de diversidade, apresentou os menores valores de abundância e o sistema PL apresentou os maiores valores de abundância (Figura 2), isso mostra que maior abundância, nem sempre, reflete em maior diversidade. Resultado semelhante foi encontrado por Andrade (2004). Nas coletas realizadas no verão de 2005 e de 2006, observa-se que entre os sistemas de plantio de soja, o sistema SCS apresentou os maiores valores de diversidade. Pode-se observar que no sistema SCV os valores de H' foram menores nas coletas de verão, quando a soja estava no campo, este sistema não

apresentou o milho como cultura de inverno, estando em pousio no inverno, e o plantio da soja pode ter sido uma perturbação neste sistema fazendo com que a diversidade baixasse nestas épocas. Nos sistemas SCS e SPD, há o milho como cultura de inverno, então a cultura da soja não fez com que houvesse alteração tão marcante como no sistema SCV.

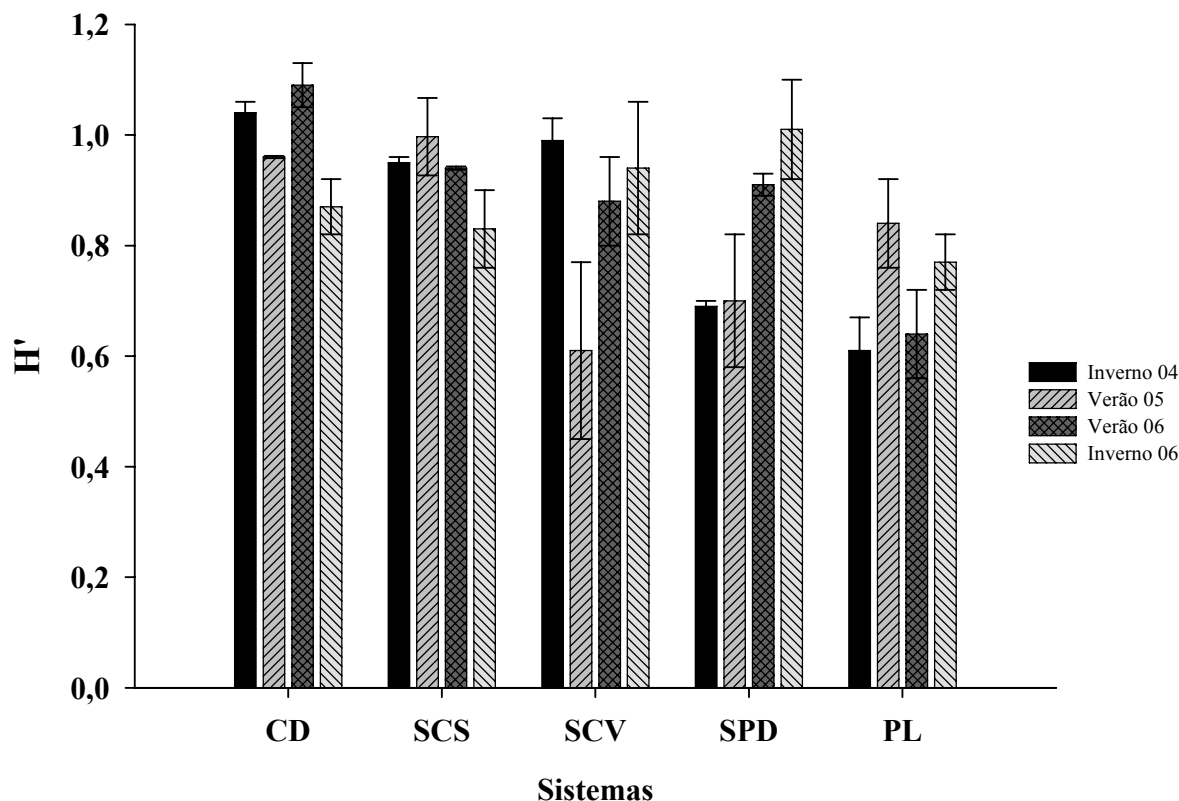


Figura 4- Índice de Diversidade de Shannon nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Quanto ao índice de dominância de Simpson (λ) (Figura 5), observa-se que os sistemas que apresentaram valores maiores de λ foram os sistemas PL e SCV pela maior dominância dos gêneros *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Cephalobus* e *Aphelenchus*.

O índice de equitabilidade de Pielou (J) apresentou uma grande variação ao longo dos períodos de coleta, sendo que na primeira época de coleta os sistemas mais equitativos foram os sistemas SCV, CD e SCS (Figura 6). O sistema PL apresentou a menor equitabilidade em quase todas as épocas de coleta. Segundo Pielou (1983), a equitabilidade expressa a uniformidade na abundância dos grupos taxonômicos dentro de uma comunidade, resultando em baixos índices em situações de intensa dominância de pouco grupos taxonômicos. Neste estudo pode-se observar que isto ocorre com o sistema SCS que apresentou maior dominância na coleta realizado no inverno de 2006, que resultou em menor equitabilidade (J), tal fato também ocorreu no sistema SPD na coleta de verão de 2005 (Figura 6). Quanto aos sistemas de cultivo de soja, observa-se que houve uma grande variação na equitabilidade nos quatro períodos de coleta e entre os sistemas de manejo.

Durante as épocas amostradas pode-se observar que a mata nativa de cerrado (CD) apresentou resultados compatíveis a um sistema referência, em relação aos índices de

diversidade de Shannon, Equitabilidade de Pielou e Dominância de Simpson (λ). Os índices foram ferramentas eficientes para refletir as diferenças no grau de perturbação dos sistemas estudados em relação a mata de cerrado.

Nas condições estudadas, os sistemas cultivados com soja não puderam ser diferenciados quanto à diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou. Provavelmente devido ao fato de não haver grandes diferenças entre as práticas de manejo utilizadas nestes sistemas. O sistema SCV apesar de ter em seu preparo uma aração e duas gradagens, permaneceu em pousio durante as coletas de inverno, e considerando que no pousio há predomínio de plantas invasoras que estariam dando suporte a processos ecológicos no solo que estariam favorecendo uma grande diversidade de nematóides.

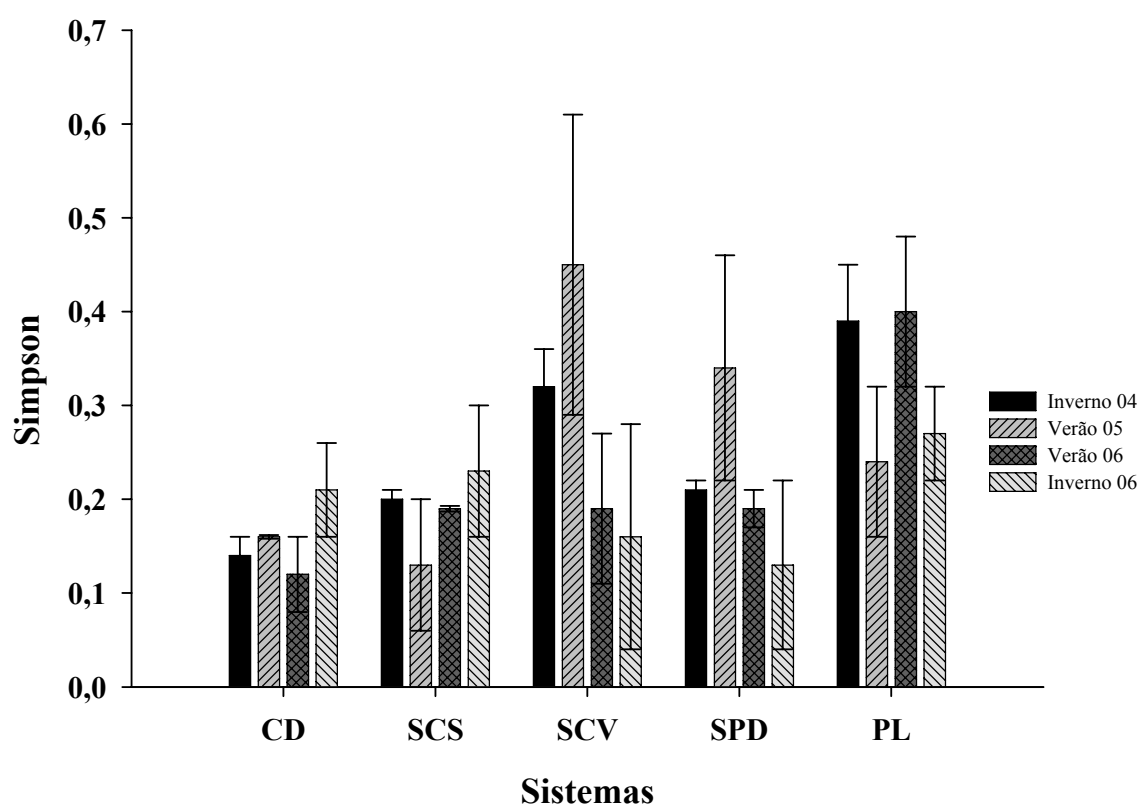


Figura 5- Índice de Dominância de Simpson (λ) nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

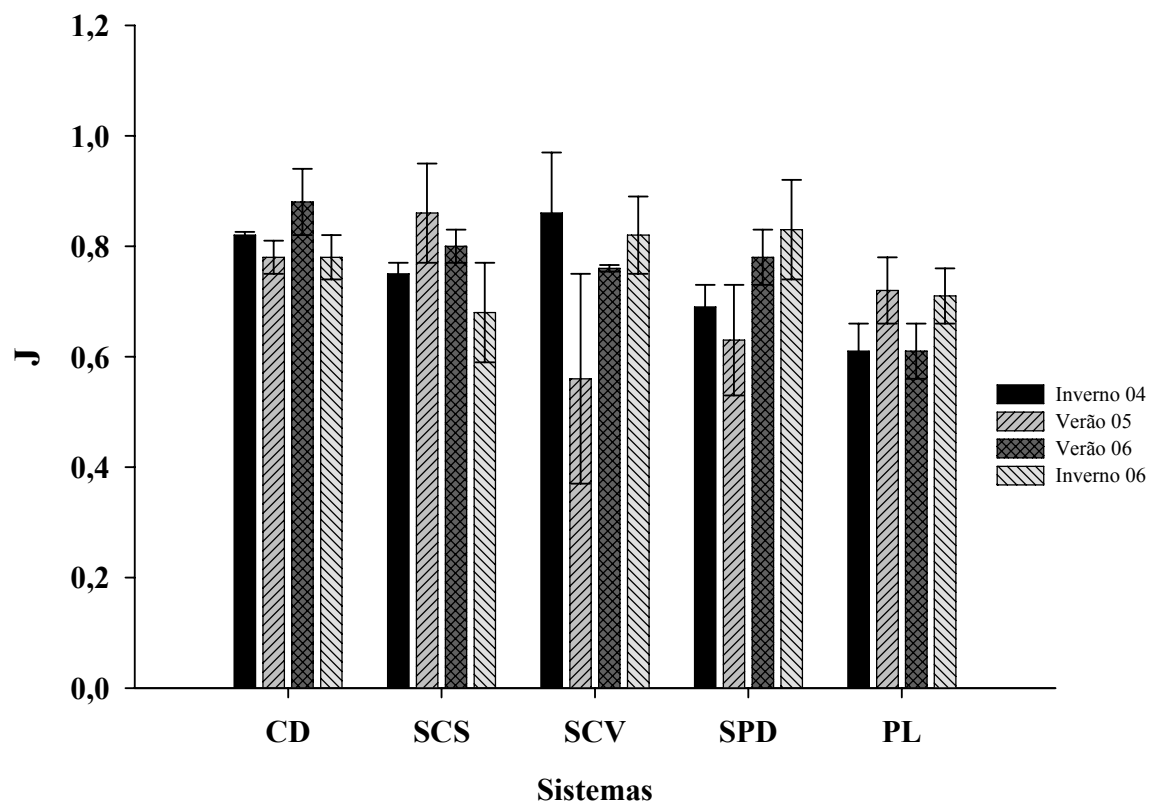


Figura 6- Índice de equitabilidade de Pielou (J) nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

3.5.5 Distúrbios

O IM variou entre as épocas de amostragens, o tratamento com maior variação foi o SCV que variou entre 0,75 a 1,59 e menor variação no sistema CD (1,63 a 1,95). Houve diferença entre os tratamentos, o sistema CD apresentou o maior IM em grande parte das épocas amostradas (Figura 7) Indicando que o sistema PL é o mais perturbado. Dentre os sistemas de plantio de soja, observa-se que o sistema SCS, na maioria das coletas, apresentou valores mais próximos do sistema CD.

O IM_{2-5} (Figura 8) que é um índice que exclui de seu cálculo os nematóides de c-p 1, mostrou que não houve modificação dos resultados apresentados pelo IM entre os sistemas ao se retirar os nematóides de c-p 1, isto é, os nematóides colonizadores apresentaram pouca influência no cálculo do IM.

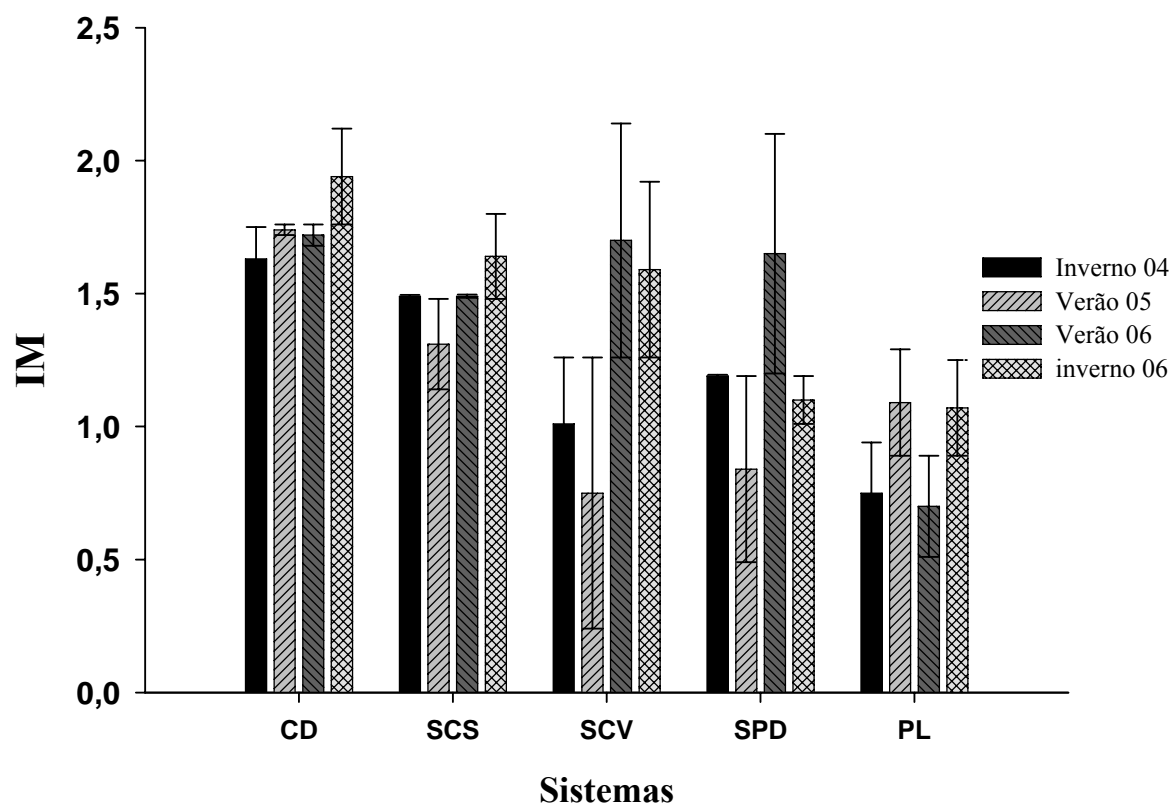


Figura 7- Índice de Maturidade (IM) em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. Nematóides fitoparasitas não foram considerados no cálculo do IM (ver Bongers, 1990). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

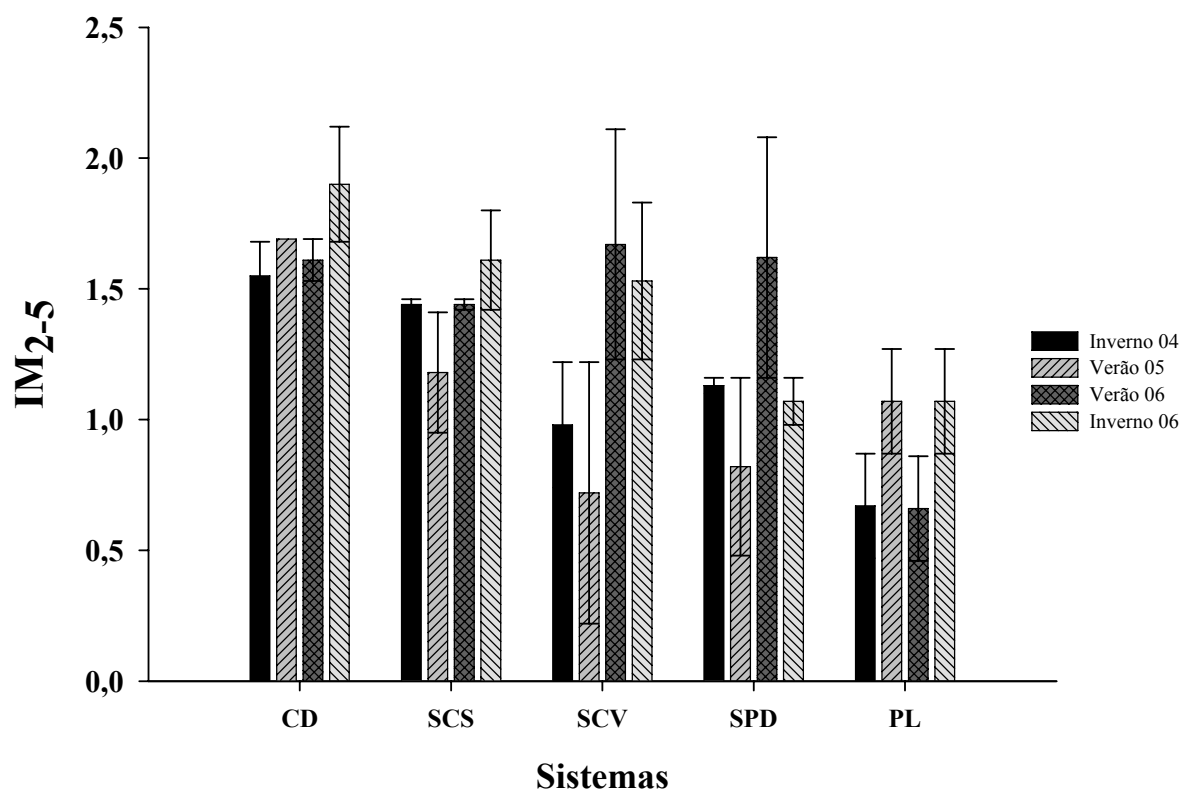


Figura 8- Índice de Maturidade Modificado (IM2-5) em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

O IPP foi uma eficiente ferramenta para distinguir os sistemas de manejo, os valores do IPP foram maiores que o sistema PL do que os valores apresentados no sistema CD (Figura 9), estes resultados também foram obtido por Andrade (2004). Esse maior valor do IPP no sistema PL se deve a maior abundância do gênero *Helicotylenchus*, que possui c-p 3. Dentre os sistemas de plantio de soja, o sistema que mais se aproximou do sistema CD foi o sistema SCS, na maioria das épocas amostradas. O maior valor do IPP no sistema SCV na coleta do verão de 2005, se deve a maior proporção de *Helicotylenchus* (c-p 3) e *Longidorella* (c-p 5). O sistema SCV foi o que apresentou maior IPP, que provavelmente se deve a grande quantidade de plantas invasoras neste sistema. Estas invasoras estariam aumentando a massa de raízes que serviriam de recurso alimentar aos nematóides fitoparasitas. Espera-se que o índice de parasitas de plantas, IPP, seja inversamente proporcional ao IM (Bongers et al., 1997), neste estudo, os dois foram inversamente proporcionais.

Comparando os sistemas cultivados com soja e o sistema natural (CD), observa-se que os sistemas plantas promoveram um maior IPP, tal resultado foi obtido por Freckman & Ettema (1993) nos Estados Unidos, que concluíram que os sistemas de cultivo de soja apresentaram maior IPP quando comparado aos sistemas não cultivados. Neher e Campbell (1994) encontraram PPI = 2,82 para plantações de soja, enquanto que Freckman e Ettema (1993) relataram IPP = 2,51 e IM = 1,78 em campos de soja. Os baixos índices indicam um grande número de colonizadores (curto ciclo de vida, alta taxa reprodutiva e tolerância à perturbação ambiental), enquanto que o elevado indica um elevado grau de persistência na

população (longo ciclo de vida, a baixa taxa reprodutiva e sensibilidade à mudança ambiental). No presente estudo, os valores médios de IPP e IM são menores que os observados por estes autores em experimentos nos Estados Unidos.

Bongers (1990) não considera o IPP como um índice de distúrbio. Porém, o IPP pôde, neste estudo, ser uma ferramenta mais forte do que o IM, pois permitiu a diferenciação dos sistemas quanto a cobertura vegetal.

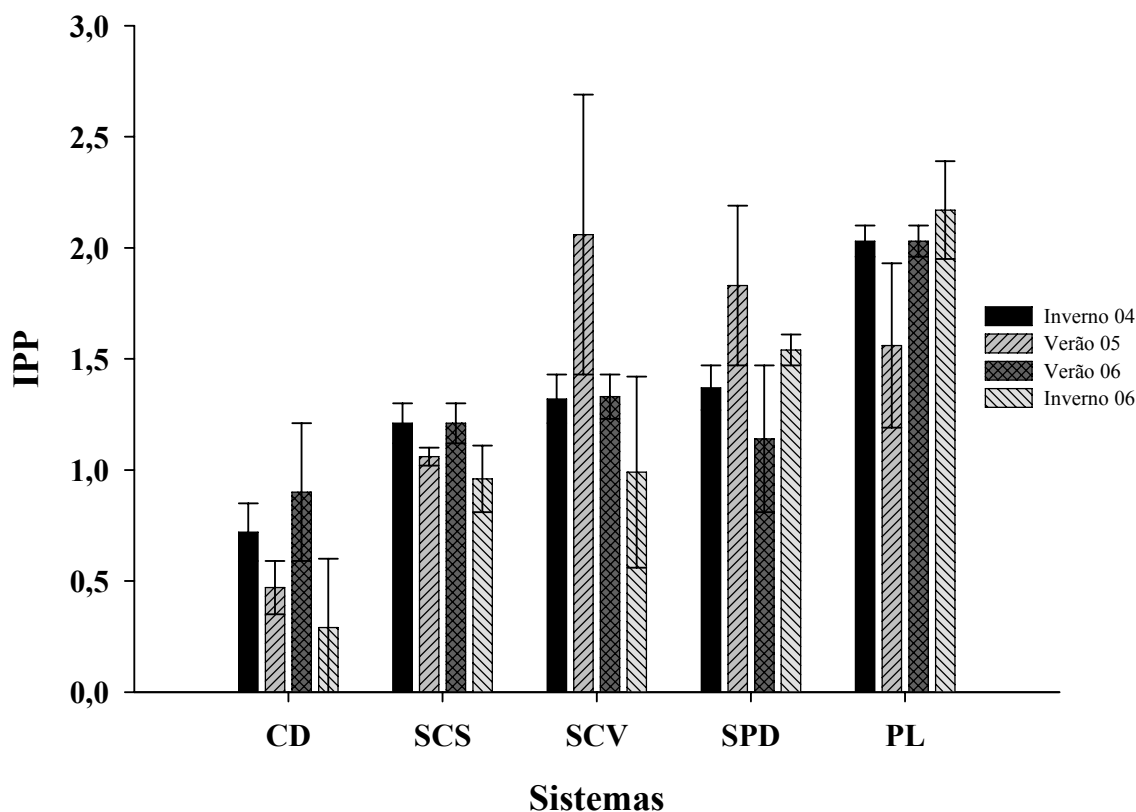


Figura 9- Índice de Parasita de Plantas (IPP) em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). Valores representam a média de quatro blocos \pm o erro padrão.). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

3.5.6 Estrutura trófica

Observou-se, na média das quatro coletas, que em geral os nematóides fitoparasitas foram dominantes no sistema PL seguido dos sistemas SPD, SCV, SCS e CD com 30, 24, 23, 14 e 9%, respectivamente (Figura 10). A proporção dos grupos tróficos, dominado por fitoparasitas e bacteriófagos, foi semelhante ao registrado em pastagens por outros autores (Hodda & Wanless, 1994b; Wasilewska, 1979, 1994; Valocka e Sabova, 1997). Freckman e Caswel (1985) indicaram que, os agroecossistemas são em geral dominados por fitoparasitas e bacteriófagos. Da mesma forma Mondino (2001) e Figueira (2002) reportam resultados coincidentes para climas temperados e tropicais, respectivamente.

A população média de bacteriófagos foi maior no sistema SCS (na média dos quatro avaliações). Os micófitos foram mais abundantes no sistema CD, que como já discutido

anteriormente apresenta a característica de possuir uma biomassa vegetal mais lignificada, sendo os fungos os primeiros agentes decompositores da matéria orgânica e servindo de fonte de alimento para os nematóides micófagos.

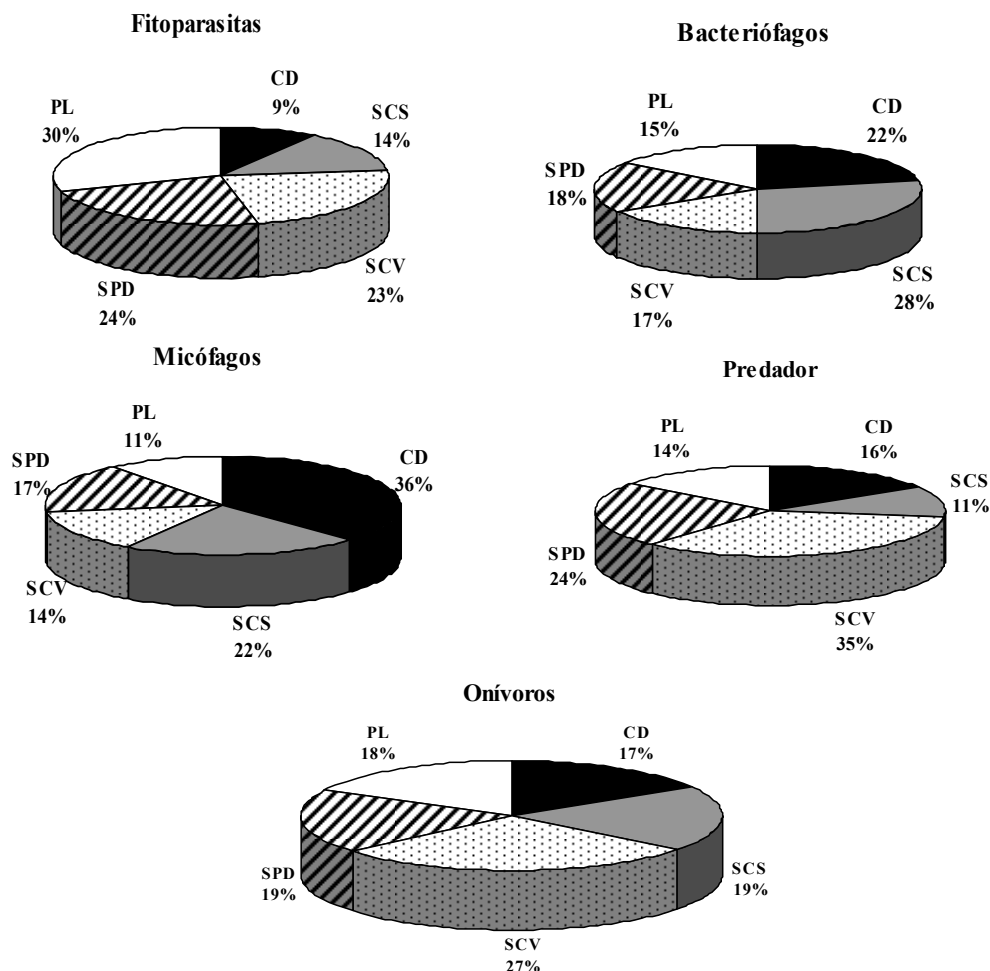


Figura 10- Composição dos grupos funcionais de nematóides em diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS). As médias são referentes a quatro épocas de coleta. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

O sistema PL apresentou a maior abundância de nematóides fitoparasitas (Figura 11), este fato está relacionado ao tipo de cobertura vegetal deste sistema. A gramínea que apresenta uma biomassa de raízes muito grande favorecendo a multiplicação destes nematóides (Ferris, 2003). Quando se compara os sistemas plantados com o sistema de vegetação natural (CD) observa-se que os sistemas plantados apresentaram maiores abundâncias de nematóide fitoparasitas. Observa-se que nas coletas de verão, quando a soja estava no campo, o sistema SPD apresentou maior população de fitoparasitas, quando comparado aos sistemas SCS e SCV. O que foi observado no campo é que sistema SPD apresentava uma grande população de plantas invasoras que, provavelmente, estariam servindo de fonte de alimento para os nematóides fitoparasitas. O gênero *Xiphinema*, que é um fitoparasita que causa grandes danos a culturas e que possui um valor cp de 5, não foi encontrado no sistema CD. No sistema PL o gênero *Helicotylenchus*, além da elevada dominância entre os fitoparasitas, apresentou correlação negativa ($r=-0,92$) com o gênero

Labronema, que é um nematóide onívoro, provavelmente estaria predando este outro nematóides.

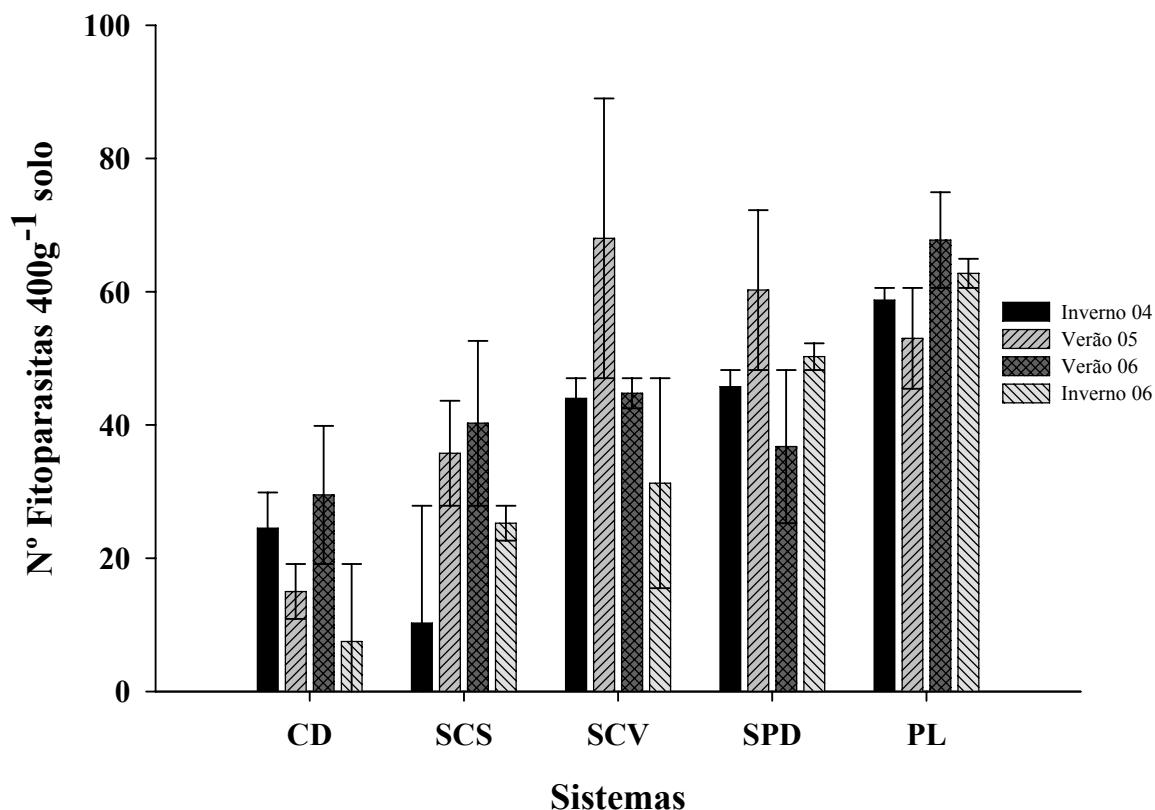


Figura 11- População de nematóides fitoparasitas nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes a média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Na primeira época de coleta, o sistema SCS apresentou a maior abundância de nematóides bacteriófagos (Fig. 12). Observa-se que o sistema SCV apresentou as menores abundâncias de bacteriófagos nas coletas de verão, quando a soja estava no campo. Um incremento na abundância deste grupo ocorre quando existem compostos de fácil decomposição e altas populações bacterianas que constituem o seu recurso alimentar (Wasilewska, 1998). Nas coletas de agosto de 2004 e setembro de 2006 as populações de bacteriófagos foram maiores, provavelmente porque o processo de aração e gradagem estariam fazendo com que a mineralização da matéria orgânica fosse acelerada, assim aumentando a população de bactérias e conseqüentemente de nematóides bacteriófagos.

Os gêneros *Acrobeles*, *Eucephalobus* e *Cephalobus* foram os bacteriófagos mais abundantes e todos estes pertencem a família Cephalobidae. Yeates (2003) menciona que dentro dos bacteriófagos, os grupos taxonômicos dominantes pertencem às famílias Cephalobidae, Rabditidae e Plectidae e que a família Cephalobidae é abundante em qualquer tipo de solo.

O gênero *Acrobeles* mostrou ser mais sensível a perturbações (Villeanave et al. 2001), este gênero tem a característica de ser abundante em solos com mais matéria orgânica

(Chavez, et al., 1998). Quanto aos bacteriófagos, não houve grande diferenciação entre os sistemas cultivados e o sistema de vegetação natural. O mesmo foi encontrado por Mattos (1999), ao estudar a comunidade de nematóides em oito sistemas de uso da terra no Distrito Federal. A correlação de Pearson mostrou que o gênero *Acrobeloide* apresentou correlação significativamente positiva ($r=0,95$) com o pH do solo, o sistema CD é o sistema com menor valor de pH, possivelmente este nematóide tem preferência por ambientes mais ácidos. Os gêneros *Cephalobus* e *Labronema* apresentaram uma correlação alta ($r=0,93$), mostrando que a presença de um estimuladora de alguma forma o aumento da população do outro. Provavelmente a maior população desse bacteriófago sirva de informação sobre a população de *Labronema*, que é onívoro, indicando que o sistema CD possa ser um ambiente menos estressado. O gênero *Tylocephalus* (bacteriófago) apresentou correlação positiva ($r=0,92$) com o Corg no sistema SPD, mostrando que a matéria orgânica aumenta a população de bactérias, que por sua vez, tem a população de bacteriófagos aumentada. Outra correlação positiva encontrada no SPD foi entre os gêneros *Aphelenchus* e *Acrobeloide* ($r=0,94$), mostrando o que o fluxo de decomposição neste sistema é baseado em bactérias e fungos.

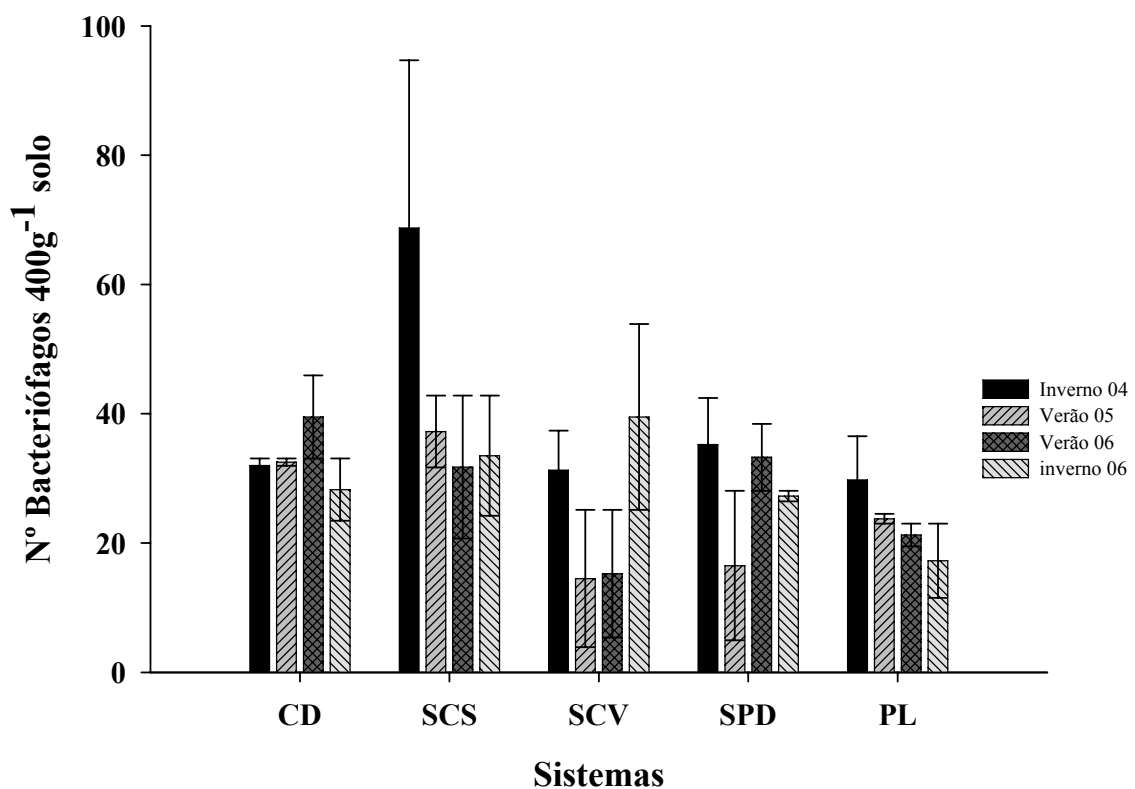


Figura 12- População de nematóides bacteriófagos nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Os micófitos diferenciaram o sistema de vegetação natural (CD) dos demais sistemas (Figura 13). A característica deste sistema é apresentar espécies vegetais ricas em fenóis, resultando em uma inversão da dominância de bactérias para fungos como decompositores primários (Wardle, 2002; Bardgett, 2005). Observou-se na análise química (Tabela 2) que o sistema CD é o mais pobre em P, esta baixa disponibilidade de P pode também fazer com que

a população de fungos micorrízicos aumente e favoreça o aumento de nematóides micófagos. O gênero *Tyleptus* foi encontrado exclusivamente no sistema CD e houve uma dominância do gênero *Tylenchus* neste sistema. Observa-se que a população micófagos foi crescendo ao longo das coletas no sistema SCV e segundo Fu et al. (2000) que avaliaram sistemas de manejo convencional e de plantio direto, observando incrementos rápidos e abundantes de bacteriófagos depois da adição de resíduos.

Já os nematóides micófagos responderam mais lentamente à deposição dos resíduos orgânicos. Freckman & Huang (1998), observaram que os micófagos apresentam maior abundância na medida em que as plantas senescem e morrem e que, portanto a sua flutuação sazonal é afetada pelas diferentes taxas de senescência das espécies da comunidade vegetal. Este fato foi observado neste estudo, quando a população de micófagos era maior nos sistemas de plantio de soja, nas épocas onde a soja não estava no campo.

A relação entre micófagos e bacteriófagos aumentou com o tempo, principalmente no sistema convencional, indicando que a importância dos micófagos incrementa com o progresso da decomposição, que é mais acelerado no sistema convencional.

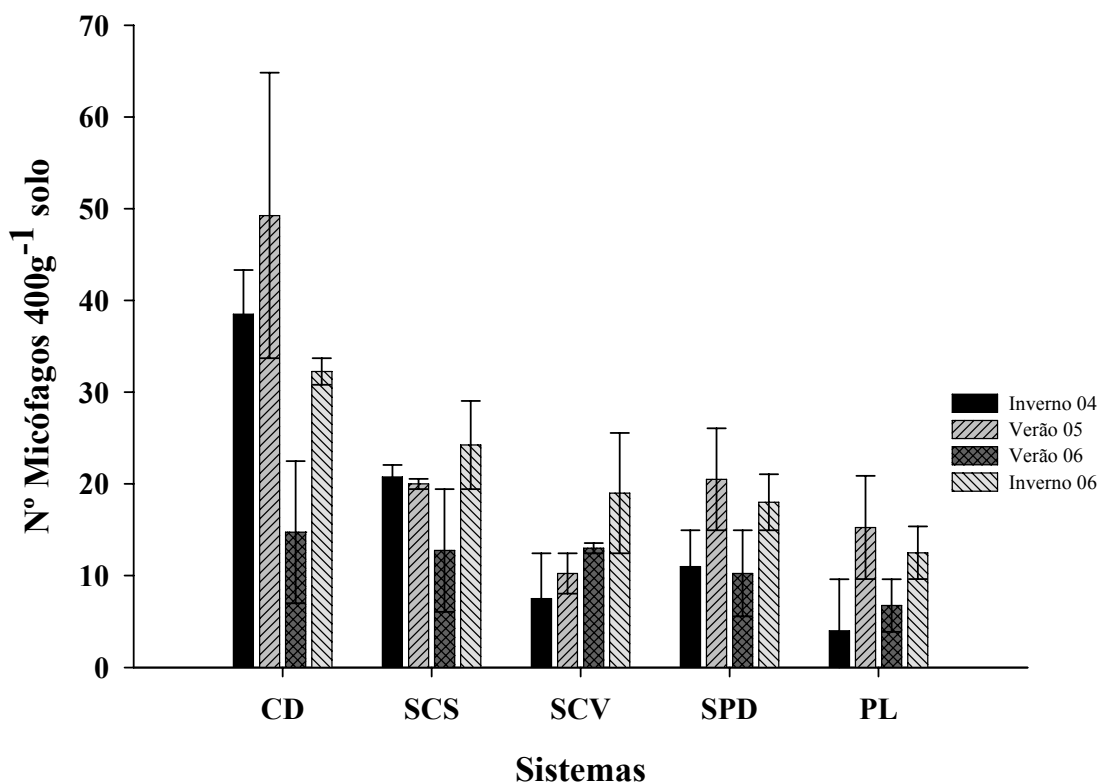


Figura 13- População de nematóides micófagos nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Houve um grande aumento da população de nematóides predadores na coleta de março de 2006 nos sistemas CD, SCV e SPD (Figura 14), que provavelmente se deva ao aumento da população de nematóides bacteriófagos, que são a base da alimentação destes nematóides.

Os nematóides predadores são mais sensíveis à contaminação e outras perturbações, sendo os predadores os que regulam outros organismos do solo ao alimentarem-se das presas

dominantes e deste modo aumentam a biodiversidade, os nematóides onívoros participam junto aos nematóides predadores desta função (Bongers & Bongers, 1998).

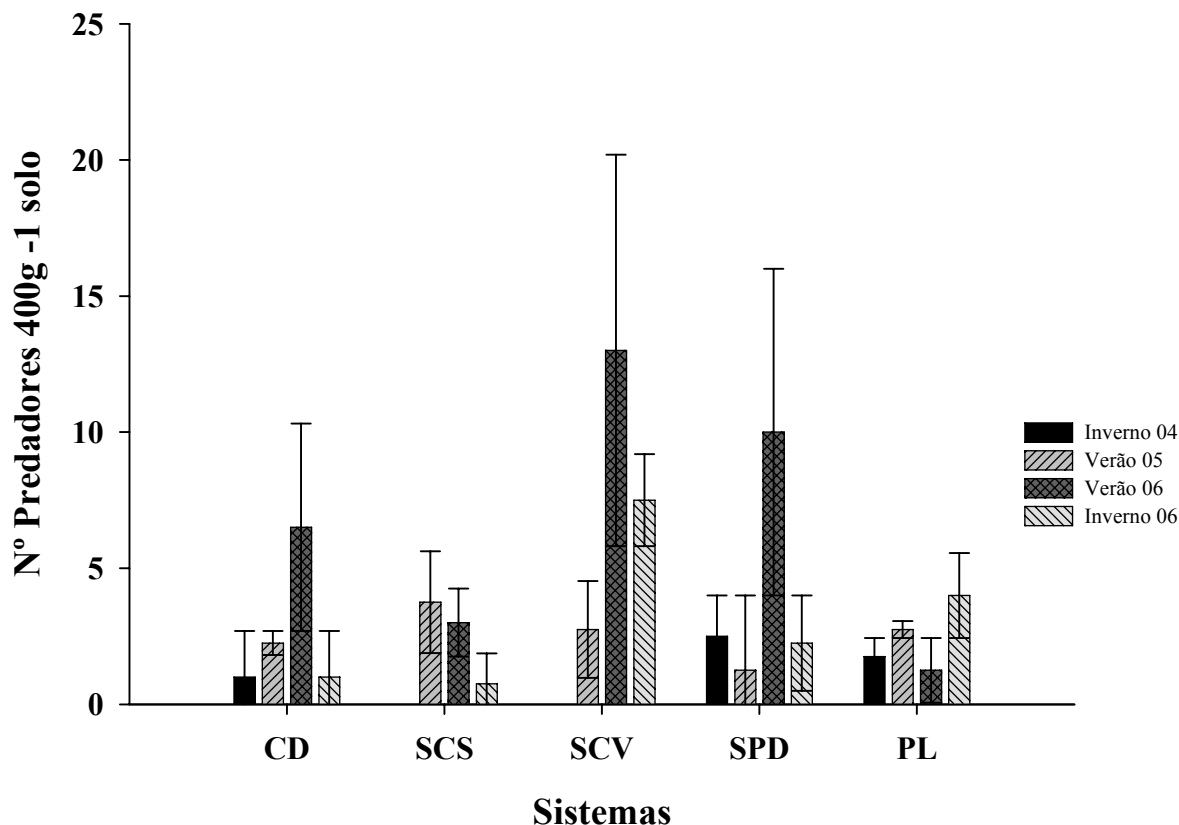


Figura 14- População de nematóides predadores nos diferentes sistemas de manejo (Campo Grande – MS) em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Ao se avaliar a abundância de nematóides onívoros, observa-se que dentre os sistemas de cultivo de soja o sistema SCS apresentou a menor abundância de nematóides onívoros (Figura 15). Na coleta de março de 2006 (verão 2006) houve um aumento da população de onívoros em quase todos os sistemas, com exceção do sistema PL.

O sistema SCV apresentou a maior população de nematóides predadores e onívoros que são indicadores de baixa perturbação no sistema. Isto pode indicar que os sistemas cultivados com soja, nas condições estudadas, não sejam bem representativos. O sistema SCV apesar de apresentar no momento do preparo do solo duas arações e uma gradagem, passa um grande período no inverno em pousio que estaria possibilitando uma melhor estruturação da comunidade de nematóides.

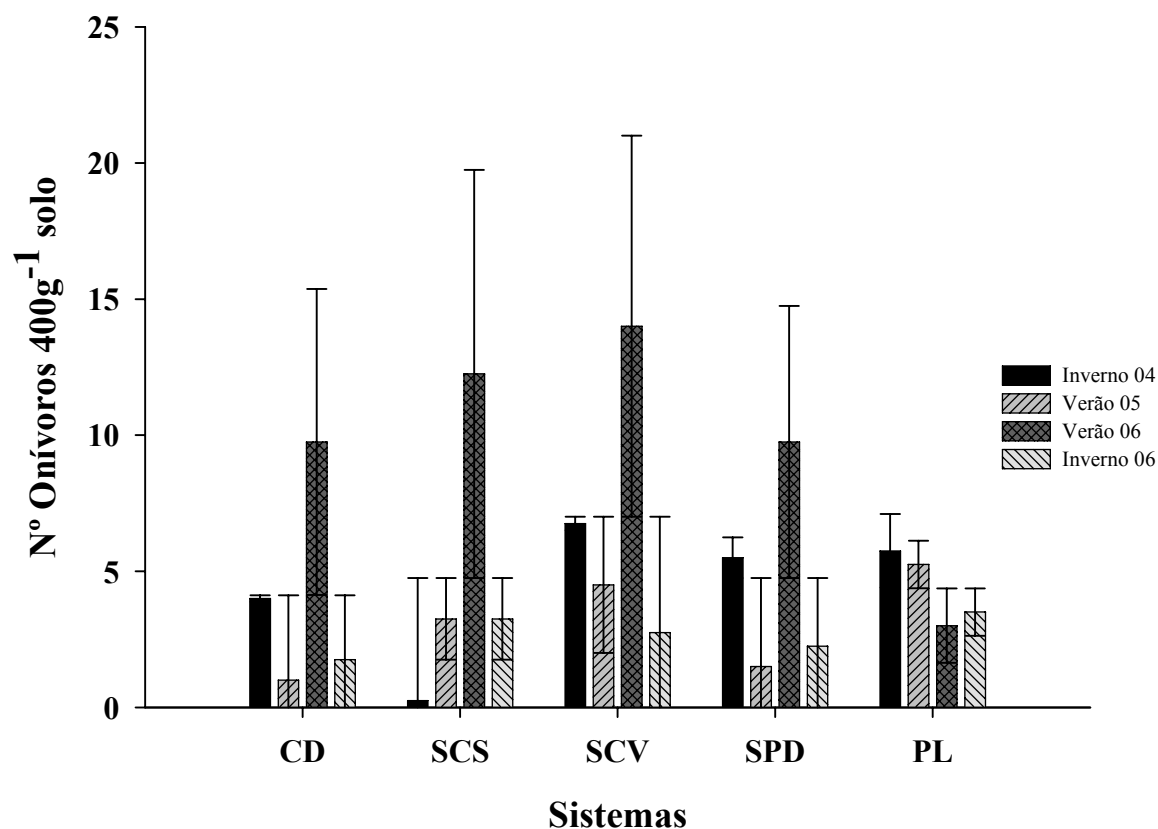


Figura 15- População de nematóides onívoros nos cinco sistemas de manejo estudados em Campo Grande – MS em quatro épocas de coleta. Os valores são referentes à média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

3.5.7 Padrão de decomposição

No presente estudo, o valor médio da relação Bacteriófagos/Micófagos (BF/FF) de quatro épocas de coleta foi maior no sistema SPD e menor no sistema CD (Tabela 12). Contudo, houve variação desses valores ao longo das épocas de coleta. Na primeira coleta a relação BF/FF foi maior no sistema PL, mostrando que a via de decomposição da cadeia alimentar está fundamentada na ação das bactérias e foi menor no sistema CD (Figura 16). O contrário estaria acontecendo no sistema CD, que possui sua via de decomposição fundamentada na ação dos fungos, fato que ajuda a entender a maior abundância de micófagos neste sistema. Mattos (1999) também encontraram estes resultados, mostrando que em sistemas nativos a via de decomposição da matéria orgânica ocorre principalmente por fungos.

Nos sistemas cultivados com soja, encontraram-se os maiores valores da relação BF/FF, evidenciando que a principal via de decomposição da matéria orgânica nestes sistemas é por bactérias. Tal resultado corrobora com Neher et al. (1995) que citam que a cadeia alimentar em solos agrícolas cultivados é tipicamente fundamentada mais em bactérias que em fungos e a razão entre nematóides bacteriófagos e micófagos pode ser uma importante descrição da via de decomposição na cadeia alimentar. As alterações que se observam no

índice BF/FF decorrem em geral mais devido a quedas na população dos bacteriófagos do que de um crescimento efetivo de micófitos (Hendrix et al., 1986).

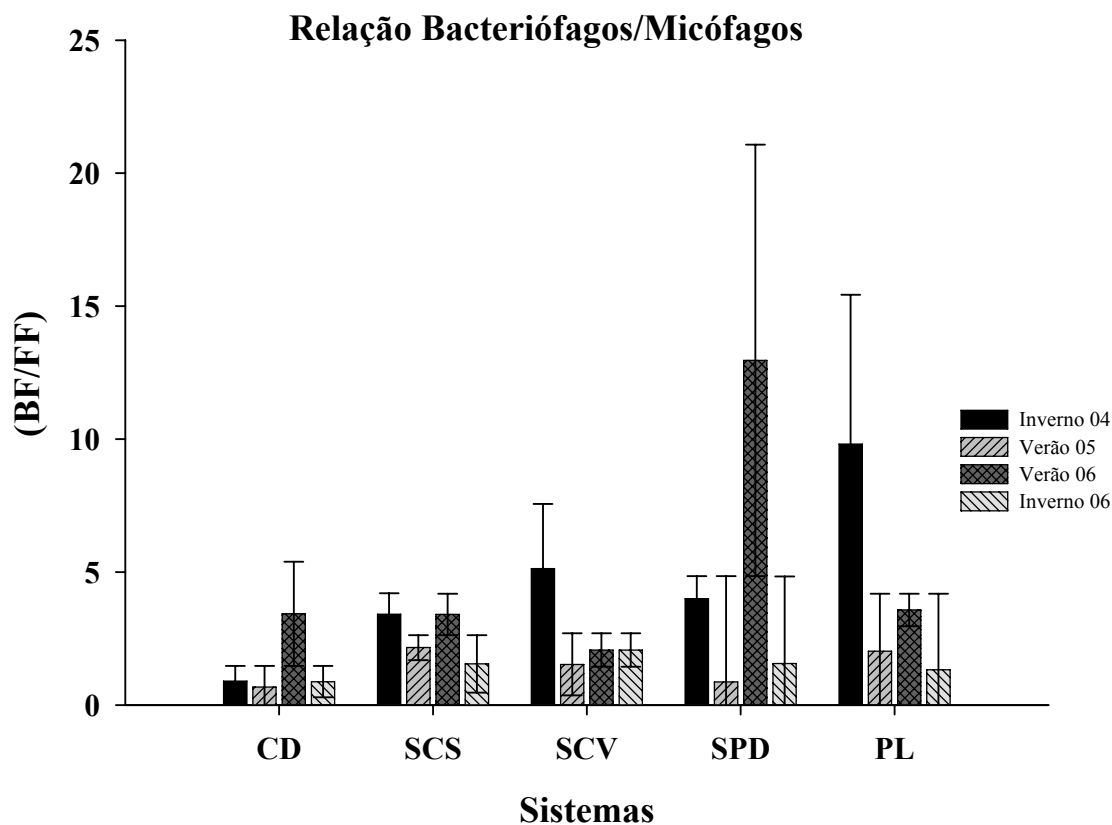


Figura 16- Relação bacteriófagos/Micófitos (BF/FF), que é um índice de avaliação do padrão de decomposição do solo em quatro épocas de coleta (Campo Grande – MS). Os valores são referentes à média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

A razão (bacteriófagos + micófitos)/fitoparasitas (BF +FF)/PP apresentou um padrão similar ao longo das quatro avaliações (Figura 17), diferenciando apenas o sistema natural dos sistemas cultivados. Essa relação apresentou um comportamento correlacionado com a abundância dos grupos tróficos. As maiores médias foram observadas no tratamento CD onde, em geral, há menor abundância de fitoparasitas. O sistema PL apresentou os menores valores do índice (FF+BF)/PP, indicando uma maior população de nematóides fitoparasitas neste sistema, devido a grande massa de raízes.

McSorley & Frederik (1996), descrevendo a comunidade de nematóides em cultura de soja na Flórida observaram que variações de alguns índices descritores da comunidade frequentemente se devam a expressivas flutuações populacionais de um gênero apenas, o mesmo foi observado neste estudo. Também se observou que variações ocorridas na abundância relativa de um grupo trófico interfere fortemente em índices do tipo (FF+BF)/PP, fato que só é observado em experimentos temporais.

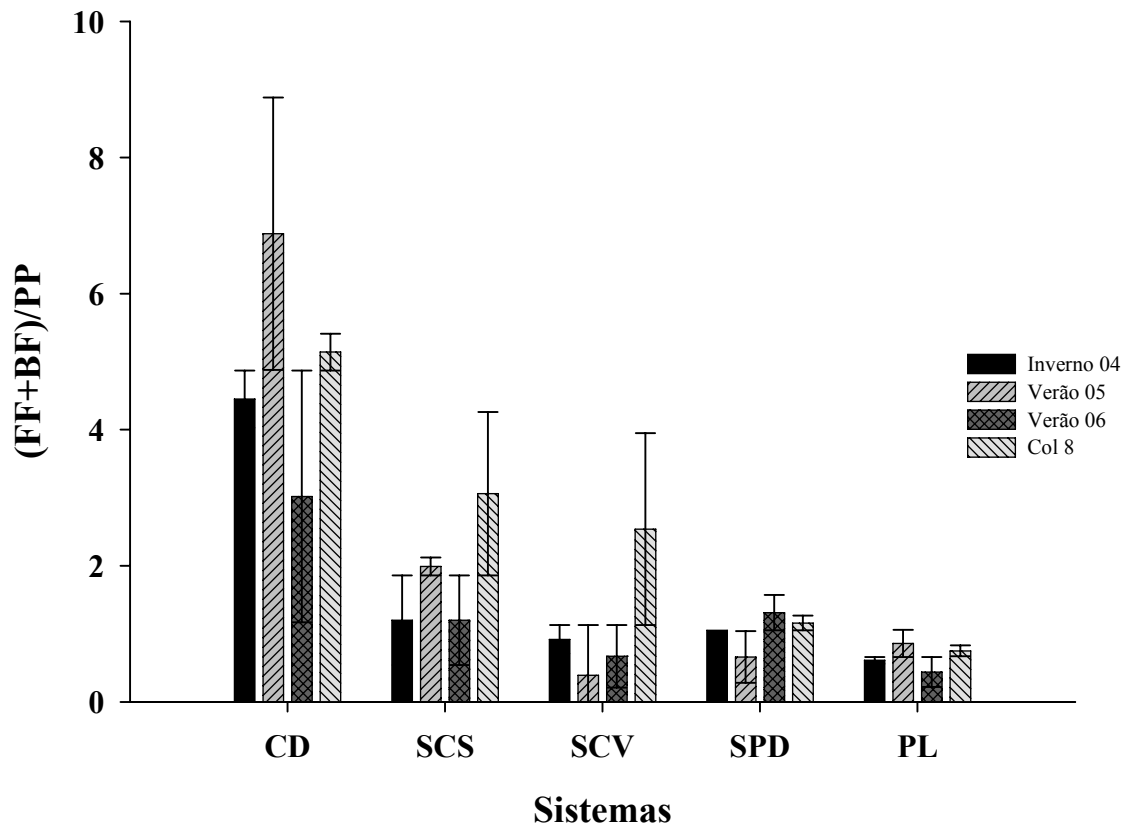


Figura 17- Relação (Fitoparasita+bacteriófagos)/Micófitos $(FF+BF)/FF$, que é um índice de avaliação do padrão de decomposição do solo em quatro épocas de coleta (Campo Grande – MS). Os valores são referentes à média de quatro blocos \pm erro padrão. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

3.6 CONCLUSÕES

Os índices propostos foram capazes de detectar diferenças entre os sistemas CD e PL que são contrastantes.

O sistema CD se confirmou como sistema referência. O sistema de mata nativa de cerrado (CD) apresentou a menor abundância de nematóides, porém o maior número de gêneros, diversidade de Shannon, equitabilidade de Pielou e menor dominância de Simpson. Foi o sistema que apresentou a menor variação entre as épocas de coleta, menor variação no índice maturidade (IM), isto é, apresenta uma maturidade mais constante ao longo do tempo. Neste sistema a via de decomposição da matéria orgânica é por fungos, que é um via desejável. Com isso, pode-se confirmar que a hipótese de que o tipo de cobertura causa mudança na estrutura da população de nematóides.

O sistema SPD apresentou o maior número de gêneros acumulados em todo o estudo e também o maior número de gêneros raros.

O gênero *Helicotylenchus* dominou em todos os sistemas estudados.

Os sistemas de mata natural de cerrado (CD) e SCS apresentaram maior diversidade de gêneros de nematóides.

O IPP foi uma ferramenta importante para diferenciar os sistemas estudados quanto à cobertura, o sistema com maior massa de raízes apresentou o maior IPP.

Houve um domínio de nematóides fitoparasitas, principalmente no sistema com cobertura de gramíneas (PL), seguido de nematóides bacteriófagos nos sistemas cultivados.

Os sistemas de plantio de soja tiveram sua cadeia alimentar baseada em bacteriófagos, evidenciando que a via de decomposição da matéria orgânica nestes sistemas ocorre principalmente por bactérias. Seria indicado um outro tipo de rotação, isto é, nestes sistemas cultivados com soja deveria haver uma rotação da soja com uma outra planta com relação C/N maior para que a via de decomposição fosse alterada. No sistema de mata de cerrado a principal via de decomposição da matéria orgânica é por fungos. Neste caso observou-se maior número de nematóides micófagos. O sistema de mata de cerrado se representou um sistema referência para todos os parâmetros avaliados.

Houve mudança na estrutura da população de nematóides, de acordo com a cobertura vegetal do solo. Os sistemas que apresentavam uma grande massa de raízes como o sistema de pastagem consorciada com leguminosas e também os sistemas de cultivo de soja apresentaram uma maior população de nematóides fitoparasitas. Enquanto que o sistema de mata nativa de cerrado apresentou maior população de nematóides micófagos, onde a decomposição da matéria orgânica do solo é maior que a herbivoria praticada pelos nematóides fitoparasitas.

4. CAPÍTULO II

ESTATÍSTICA MULTIVARIADA COMO FERRAMENTA NO ESTUDO DA NEMATOFUNA DO SOLO EM SISTEMAS DE MANEJO E COBERTURA VEGETAL EM CAMPO GRANDE - MS

4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre a composição de gêneros de nematóides, grupos tróficos e variáveis ambientais em diferentes sistemas de manejo do solo em Campo Grande – MS. Para que esta relação fosse avaliada utilizou-se a Análise de Correspondência Canônica (CCA) em duas épocas de coleta, inverno de 2004 e verão de 2005 e também a técnica de agrupamento com a utilização dos grupos tróficos de nematóides do solo. Para saber como a população de nematóides variou ao longo de quatro épocas de coleta utilizou-se a Curva de Resposta Principal (PRC), todas estas análises são multivariadas. Todas estas análises são multivariadas. A CCA foi utilizada para mostrar a importância das variáveis ambientais na explicação do padrão de ocorrência de nematóides no presente estudo. Observou-se que a CCA possibilitou a separação entre os sistemas de manejo na coleta de inverno de 2004. Os sistemas SCV e SPD foram separados e observa-se que o sistema SPD apresentou maiores correlações com variáveis ligadas ao maior aporte de matéria orgânica, como umidade, Corg e FLL. As variáveis ambientais que apresentaram maior correlação com o sistema CD foram P, FLL, FI e pH na coleta realizada no inverno de 2004. Na coleta realizada no verão de 2005, o diagrama da CCA apresentou uma configuração muito distinta da apresentada na primeira coleta. A CCA foi útil para organizar e analisar dois complexos grupos de dados utilizados neste estudo. Nas duas épocas avaliadas neste estudo (inverno de 2004 e verão de 2005), os sistemas SCS e SPD mantiveram a maior similaridade quanto à distribuição dos grupos funcionais. Na análise curva de resposta principal (Principal Response Curves, PRC), que ordena os tratamentos, em função da nematofauna, em apenas um eixo e permite a comparação dos tratamentos com o controle, no caso a mata de cerrado (CD), ao longo do tempo de estudo. Observou-se que houve grande flutuação sazonal na composição da nematofauna em todos os sistemas. Entre os períodos estudados, o período onde houve uma maior variação entre os tratamentos foi na coleta de verão de 2005.

Palavras-chave: Análise multivariada, ACC, Cobertura do solo

4.2 ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the relation between the environment variables over the genus diversity, trophic groups and abundance of nematodes in different systems of soil management in Campo Grande - MS. This relation was evaluated with Canonic Analysis of Correspondence (CCA) in two samplings, winter of 2004 and summer of 2005. The grouping technique of the trophic groups of nematodes to know as the nematodes population varied throughout the sampling periods used Principal Response Curve (PRC). All these analyses are multivariate. The CCA was used to show the importance of the environmental variables in the explanation of the standard of occurrence of nematodes in the present study. It was observed that the CCA made possible the separation between the sampling systems in the winter period. SCV and SPD were separated and observed that system SPD presented greater correlations with variables such as humidity, Corg and FLL. The environmental variable that presented greater correlation with the CD were P, FLL, FI and pH, in the 2004 winter samples. In the 2005 summer samples, the diagram of the CCA presented a distinct configuration of the presented one in the first collection. The CCA was useful to organize and to analyze the two complex scenarios used in this study. During both periods (2004 summer and winter of 2005), systems SCS and SPD had the biggest similarity with the functional groups. In the multivariate analysis Principal Response Curves (PRC), that groups the treatments, as a function of the nematofauna, and allows the comparison of the treatments with the control, in this study the cerrado forest (CD). It was observed a great seasonal fluctuation in the composition of nematofauna in all the systems. Between the studied periods, the samples of 2005 summer period had a higher variation between the treatments.

Key words: Multivariate analysis. CCA. Soil coverage.

4.3. INTRODUÇÃO

O estudo dos indicadores de qualidade de cobertura de solos requer a utilização de recursos que permitam uma análise simultânea das múltiplas quantificações de atributos ambientais, o que é possibilitado por técnicas de estatística multivariada (Hair et al., 1987).

Com uma finalidade bem diversa, existem métodos de análise multivariada que podem ser usados na etapa inicial de uma pesquisa, na própria escolha das variáveis que descreverão o sistema. Isto é muito comum nos casos em que um processo necessita ser otimizado. Os métodos hierárquicos e não hierárquico podem ser vistos como complementares ao invés de competidores. A escolha pela utilização de um ou outro método, dependerá do objetivo do estudo e das propriedades dos vários algoritmos existentes.

Para muitos tipos de dados biológicos existem correlações entre variáveis, sendo que informações providas por análises univariadas isoladas podem ser incompletas. Assim, técnicas de análise multivariada combinam, simultaneamente, informações múltiplas provenientes de uma unidade experimental, que não podem ser obtidas com o uso da análise univariada.

Entre as diversas técnicas de análises multivariadas da população, a análise de correspondência canônica (ACC) é um poderoso método estatístico para estudar as relações ecológicas (Kent & Coker, 1992; Digby & Kempton, 1996). Desde a sua introdução em 1986 por Ter Braak (1986) a análise correspondência canônica (ACC), foi um dos mais populares métodos de ordenação multivariada da ecologia de comunidades. Ela produz um modelo de composição das espécies ao longo de um gradiente enquanto forçam os eixos terem combinações lineares com as variáveis ambientais. A ACC tem sido amplamente utilizada em ecologia, por exemplo, na conservação dos habitats (de Blois et al., 2002), estudos de qualidade da água (Soininen, 2002), relação parasita-hospedeiro (Vaughn e Taylor, 2000), e, em particular, em estudos sobre a relação entre as espécies e o ambiente (Chiarucci et al., 2001; Heegaard et al., 2001).

É necessário buscar novas formas de compreensão e análise da biota do solo. Este trabalho, de cunho essencialmente exploratório, objetivou com auxílio das técnicas multivariadas, formar relações consistentes entre agentes biológicos e químicos do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre a composição de gêneros de nematóides, grupos tróficos e variáveis ambientais em diferentes sistemas de manejo do solo em Campo Grande – MS.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Localização e histórico da área experimental

Os estudos foram conduzidos em área de um experimento onde diferentes sistemas de manejo e uso do solo estão sendo comparados desde 1993.

A área é situada na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS cuja caracterização encontra-se abrangida no Capítulo 1.

4.4.2 Fracionamento físico da matéria orgânica do solo

Para a avaliação das frações leve da MOS foi feito o fracionamento físico por densidade nas amostras de solo coletadas na profundidade 0-10 cm em cada tratamento, com 4 repetições. Foram fracionadas, obtendo-se como produto duas frações da MOS: frações leves (livre e intra-agregado). Essas frações foram secas em estufa a 55° C, pesadas e moídas finamente (< 250 µm) em moinhos de rolagem (Smith & Myung, 1990).

Para a obtenção das frações leves da MOS, foi realizada a metodologia proposta por Sohi et al. (2001).

Inicialmente, uma pequena alíquota de TFSA foi transferida para um recipiente, para determinar seu teor de umidade. Em seguida, pesou-se 5g de TFSA em frascos de centrífuga de 50 ml e adicionou-se 35mL de iodeto de sódio com densidade de 1,8 g cm⁻³. Os frascos foram agitados manualmente por 30 segundos, com energia suficiente para que as frações orgânicas menos densas atingissem a superfície da solução. Depois, as amostras foram centrifugadas a 18000 rpm por 15 minutos, sob uma temperatura de 18° C, a fim de sedimentar as partículas minerais do solo no fundo do frasco. A fração orgânica sobrenadante presente na solução (fração leve livre) foi succionada juntamente com a solução de NaI (d = 1,8 g cm⁻³), imediatamente separada por filtração a vácuo (Sistema Asséptico Sterifil, 47 mm – Millipore) com filtros de fibra de vidro (47 mm de diâmetro; 2 microns – Whatman tipo GF/A), previamente pesados.

As frações coletadas foram cuidadosamente lavadas com água destilada visando eliminar o excesso de NaI presente na fração e no filtro (Figura 5). A fração orgânica juntamente com o filtro, foi posteriormente seca a 65° C, pesada e finamente moída (< 0,15 mm) num moinho de rolagem (Smith & Myung, 1990) para posterior análise. Após a remoção da fração leve livre (FLL), foi extraída a fração leve intra-agregado ou oclusa (FLI), aplicando-se ultra-som (Modelo Branson Sonifier, 250 W) por 3 minutos com pulsações de intervalo de um segundo, a uma energia de 400 J ml⁻¹ na solução de NaI e no solo restante no tubo da centrífuga, em banho de gelo, de modo a evitar uma brusca elevação da temperatura. Após o tratamento com ultra-som, as amostras foram novamente centrifugadas a 18000 rpm por 15 minutos, sendo a fração leve intra-agregado coletada em filtros, seca, pesada e moída, conforme já descrito para a fração leve livre.

4.4.3 Análise multivariada

No presente estudo, foram selecionados dois grupos de variáveis que foram apresentadas no Capítulo 1, ou seja: variáveis biológicas (abundância de gêneros de nematóides) e variáveis químicas (pH em H₂O, Alumínio, Potássio, Sódio, Cálcio, Magnésio, Fósforo e Carbono Orgânico Total, Fração Leve Livre e Fração Intra-agregado da matéria orgânica do solo). Para a coleta realizada no inverno 2005 foram identificados 28 gêneros de

nematóides e para a coleta realizada no verão de 2005 foram identificados 38. Para a construção dos clusters foram utilizados os grupos tróficos identificados em duas épocas de coleta.

A ACC foi feita com o programa CANOCO versão 4.5 (Ter Braak & Similauer, 2002) para observar padrões encontrados nos dados da nematofauna. Foi feita a elaboração de dendrograma pelo programa estatístico “CLUSTER ANALYSIS”- Statistica for Windows - Computer Program Manual – Tulsa, Oklahoma – USA – 1995.

A resposta da comunidade foi analisada utilizando a Análise de Redundância (RDA) e um método relativamente novo, que é a análise de Curva Resposta Principal (PRC). A PRC tem vantagens sobre técnicas de ordenação multivariadas tradicionais em que as diferenças entre tratamentos na composição da comunidade podem ser visualizadas mais claramente do que nos diagramas de ordenação convencionais que requerem interpretação a nível individual de espécie (Van den Brink & Ter Braak, 1999). A análise de PRC tem potencial para aplicação em ecologia de comunidades, que neste trabalho foi ilustrado com dados de população de nematóides. Os tratamentos foram ordenados em função da nematofauna, em apenas um eixo e permitiu a comparação dos tratamentos com o controle, no caso a mata de cerrado, ao longo das épocas de coleta.

Para analisar o efeito dos tratamentos na estrutura da comunidade de nematóides foi conduzida uma análise multivariada. Os gêneros de nematóides e as variáveis ambientais foram transformadas em coordenadas (*scores*) correspondentes à sua projeção em cada eixo de ordenação (*eigenvector*). O autovalor (*eigenvalue*) é o peso relativo de cada eixo na explicação da variância total dos dados.

A ACC (Análise de Correlação Canônica) correlaciona simultaneamente duas matrizes, uma matriz de abundância de espécies por amostra e uma matriz correspondente de variáveis ambientais, por isto é chamada de análise de gradientes mista. Assim, produz uma ordenação simultânea de espécies, amostras e variáveis ambientais, ou seja, realiza uma análise direta dos gradientes na população. Normalmente a matriz de espécies é formada ao excluir as espécies raras, pois, segundo Causton (1998), os indivíduos menos abundantes contribuem muito pouco ou nada para a ordenação e só aumentam o volume de cálculos. Já a matriz de variáveis ambientais inclui, inicialmente, todas as variáveis coletadas, e após uma CCA preliminar são eliminadas aquelas que produzem baixas correlações com os eixos de ordenação e também as redundantes entre si. A análise produz, graficamente, uma ordenação onde a distribuição de espécies e as amostras são representadas por pontos. As variáveis ambientais contínuas aparecem como setas e as nominais, como centróides, indicando a direção de seu aumento no espaço de ordenação e com distância da origem proporcional à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo.

Entre as vantagens da ACC, a maior delas é a possibilidade de aplicação do teste de Monte Carlo (Hope, 1968), que consiste em permutar aleatoriamente as linhas da matriz de variáveis ambientais, com o intuito de testar a significância da correlação entre as duas matrizes, identificando a probabilidade de acerto da relação encontrada entre as matrizes originais.

Foi realizado o teste de Monte Carlo (Hope, 1968), que consiste em permutar aleatoriamente as linhas da matriz de variáveis ambientais, com o intuito de testar a significância da correlação entre as duas matrizes. Foi verificada correlação significativa entre as variáveis biológicas e as variáveis ambientais a 5% de probabilidade pelo teste de Monte Carlo.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Análise multivariada

A ACC foi utilizada para mostrar a importância das variáveis ambientais na explicação do padrão de ocorrência de nematóides no presente estudo. Na figura 18 os eixos 1 e 2 apresentam variáveis do solo (com setas): Umidade, Carbono orgânico (Corg), K, P, Mg, pH, F.L.L. (Fração leve livre ou oclusa da matéria orgânica) e F.I. (Fração intra-agregado) foi feito o Teste de Monte Carlo para testar a significância da correlação. Outras variáveis ambientais (% areia, silte, argila, Al e Ca) foram utilizadas, mas apresentaram elevada colinearidade e sendo assim, foram retiradas da análise. Observa-se que houve uma separação entre os sistemas de manejo na coleta de inverno de 2004. Não considerando as variáveis ambientais, o eixo 1 explica 20,9 % da variação total dos dados. Ao se considerar a influência das variáveis ambientais, estas explicam 50,86 % da variação dos dados, sendo que 41,1 % (autovalor 0,277, $p=0,0020$) desta variação é explicada no eixo 1 e 18 % é explicado no eixo 2 (autovalor 0,121). As correlações entre variáveis ambientais e espécies foram maiores para os eixos 1 e 2 (0,981 e 0,892). O eixo 1 separou o sistema SCV, onde todas as amostras deste tratamento apresentaram valores negativos neste eixo. Apenas algumas amostras dos tratamentos SCS e PL apresentaram valores negativos no eixo 1. Os sistemas SCV e SPD foram separados e observou-se que o sistema SPD apresentou maiores correlações com variáveis ligadas ao maior aporte de matéria orgânica, como umidade, Corg e FLL.

As variáveis ambientais que apresentaram maior correlação com o sistema CD foram P, FLL, FI e pH, isto é, o sistema CD apresentou na coleta realizada no inverno de 2004 menores valores de pH e P.

As variáveis mais correlacionadas ao sistema SPD foram Corg, Umidade e Mg, e o sistema SCV teve maior correlação com K e Mg. O gráfico mostra que quanto mais próximo o ponto da amostra estiver da seta (variável ambiental), maior o valor dessa variável nesta amostra. As variáveis que apresentaram maior correlação com o eixo 1 (Tabela 4) foram: Umidade ($r=0,97$), K ($r=-0,90$), pH ($r=-0,84$) e P ($r=-0,78$), foram as variáveis que separaram melhor os eixos. O eixo dois separou os sistemas pela maior correlação das variáveis: F.L.L. ($r=0,88$) e Mg ($r=0,69$).

Os gêneros *Tylencholaimellus*, *Criconemella*, *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, *Iotonchus*, *Pratylenchus*, *Wilsonema* e *Hoplolaimus* apresentaram correlação positiva com a umidade do solo em duas amostras do sistema SPD (Fig. 18). Os gêneros *Labronema*, *Acrobeloides*, *Aphelenchus*, *Rhabditida* e *Helicotylenchus* apresentam correlação positiva com F.I., P e pH e também estão correlacionadas com as amostras do sistema CD. Os gêneros *Panagrolaimus*, *Paraphelenchus*, *Eucephalobus*, *Acrobeles*, *Cruznema* apresentaram correlação com K. Os gêneros *Mononchus*, *Tylenchus*, *Eudorylaimus* e *Mylonchulus* apresentaram correlação positiva com Mg. Para vários outros gêneros não foi possível detectar uma correlação clara com as variáveis ambientais.

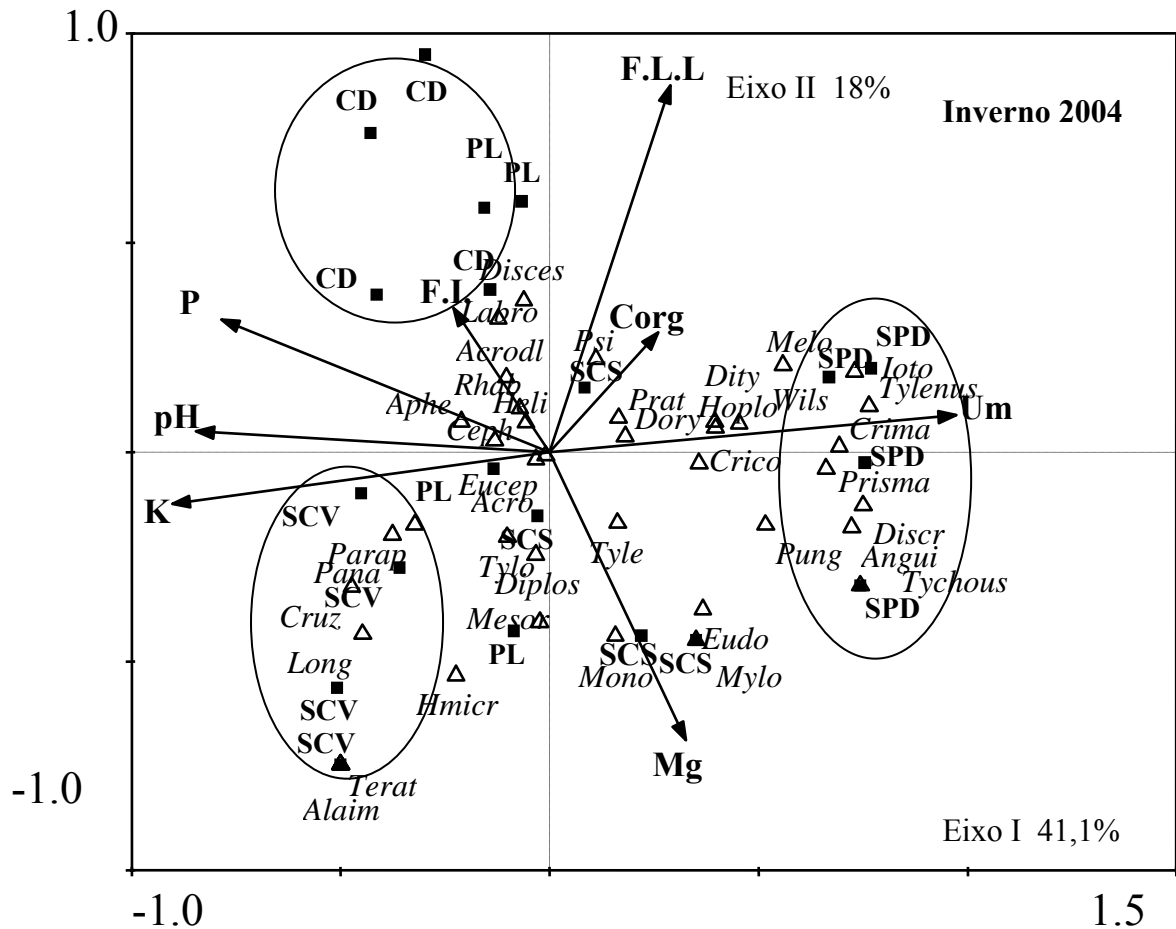


Figura 18- Diagramas de ordenação obtidos por análise de correspondência canônica dos manejos (CD, SCS, SCV, SPD e PL) e das variáveis ambientais (Umidade do solo, C orgânico, Mg, K, pH, Fração Leve Livre, Fração intra-agregado e P) e gêneros de nematóides do inverno de 2004. Variáveis ambientais são representadas por setas e os manejos por quadrados. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Tabela 4- Scores das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação da ACC da coleta de inverno de 2004.

Variável	Eixo 1	Eixo 2
pH	-0,8463	0,0493
Carbono orgânico (Corg)	0,2606	0,2856
Fósforo (P)	-0,7853	0,3168
Potássio (K)	-0,9036	-0,1243
Umidade (Um)	0,9736	0,0880
Magnésio (Mg)	0,3258	-0,6888
Fração leve livre da matéria orgânica (F.L.L)	0,2887	0,8768
Fração leve da matéria orgânica (F.I.)	-0,2305	0,3438

Na coleta realizada no verão de 2005, o diagrama da ACC (Figura 19) apresentou uma configuração muito distinta da apresentada na primeira coleta. O sistema CD permaneceu separado dos outros sistemas de manejo. Para a análise realizada com os dados da coleta do inverno de 2004, a variável Al não apresentou alta colinearidade e foi excluída da análise. Para a análise do verão de 2005 esta variável não apresentou colinearidade e foi a variável que apresentou maior correlação com as amostras do sistema CD, além de apresentar correlação com FLL e FI. Além disso, o gênero *Criconema* apresenta o seu ótimo quanto maior o teor de Alumínio do solo. Não considerando as variáveis ambientais, o eixo 1 explica 24,7 % da variação total dos dados. Ao se considerar a influência das variáveis ambientais, estas explicam 52,60 % da variação dos dados, sendo que 46,9 % (autovalor 0,199 e $p=0,0060$) desta variação é explicada no eixo 1 e 21,1 % é explicado no eixo 2 (autovalor 0,089 e $p=0,0120$). As variáveis que apresentaram maior correlação com o eixo 1 (Tabela 5) foram: Al ($r=0,92$), pH ($r=-0,82$) e P ($r=-0,78$). O eixo dois separou os sistemas pela maior correlação das variáveis: Umidade ($r=0,77$), Corg ($r=0,63$) e FI ($r=-0,55$). Observa-se que as variáveis umidade e pH do solo sempre apresentam altas correlações com os eixos nas duas coletas avaliadas.

Os gêneros *Meloidogyne* e *Prismatolaimus* confirmaram sua correlação com a umidade do solo e foram mais abundantes no sistema SCV, que apresentou maior correlação, nesta coleta, com a umidade do solo e com Corg. Provavelmente a presença da cultura da soja no campo nesta época tenha sido fator determinante nessa maior correlação. Os gêneros *Eucephalobus*, *Cephalobus*, *Helicotylenchus* e *Rhabditis* tenderam a permanecer no centro do diagrama nas duas coletas avaliadas (Figuras 18 e 19). Nas duas coletas os sistemas SCV e SPD se apresentam em sentidos opostos um do outro e sempre há algumas amostras do sistema SCS próximas dos dois sistemas. Os atributos do solo foram importantes, pois serviram como variáveis explicativas, auxiliando na interpretação e na discussão dos dados da nematofauna do solo.

Estudos que relacionem variáveis ambientais (solo) com variáveis referentes a população de nematóides são praticamente inexistentes. Alguns poucos trabalhos fizeram correlação dos nematóides com fatores edáficos (Yeates, 1984), com tipo de ecossistema (Háněl, 1995) ou com variáveis bióticas e abióticas (De Goede e Bongers, 1994, Okada e Harada, 2007). Estes trabalhos podem contribuir no entendimento da relação entre a nematofauna e parâmetros do solo. Popovici e Ciobanu (2000) estudaram a relação entre a nematofauna com características físicas do solo, em diferentes tipos de solo e coberturas e verificaram que as variáveis ambientais se mostraram muito importantes no padrão de distribuição dos nematóides do solo. No presente trabalho, observou-se que tanto na coleta de inverno, quanto na de verão o pH do solo esteve muito correlacionado com os eixos, podendo ser esta uma importante variável ambiental no estudo da nematofauna do solo. O sistema CD quando não estava correlacionado com pH e sim com Al.

Como uma consequência de mudanças na flora do solo e variação abiótica, pode ocorrer alteração da comunidade do solo (Urzelai et al., 2000). O manejo do solo, através dos seus efeitos sobre a estrutura do solo e cobertura vegetal, pode afetar a estrutura da comunidade de nematóides do solo (Yeates, 1999). Este estudo mostrou alteração na comunidade de nematóides. Os resultados do presente trabalho indicaram diferenças nas comunidades de nematóides entre as épocas de coleta e entre os sistemas de manejo e também demonstrou que as variáveis ambientais desempenham papéis essenciais na definição da estrutura da comunidade de nematóides do solo.

A maior parte das análises univariadas não oferece visualização dos resultados como é o caso da análise multivariada, mais especificamente o caso da Análise de Correspondência Canônica (ACC).

A ACC foi útil para organizar e analisar dois complexos grupos de dados utilizados neste estudo. A ACC é uma técnica de análise de gradiente direta que assume respostas unimodais das espécies (gêneros neste estudo) para gradientes ambientais, e produz ordenações que tentam detectar os principais padrões de gêneros e matrizes ambientais (Jongman et al. 1995).

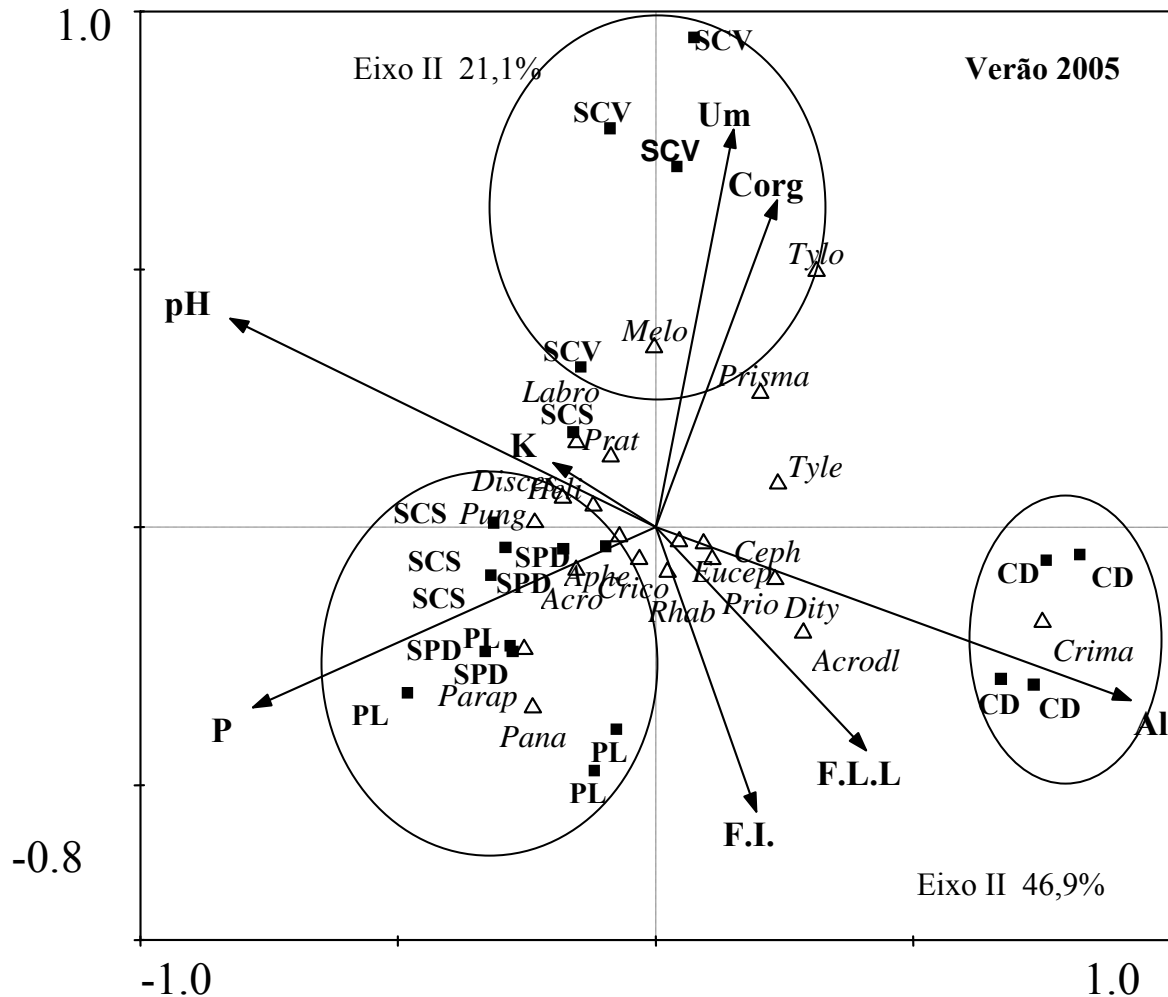


Figura 19- Diagramas de ordenação obtidos por análise de correspondência canônica dos manejos (CD, SCS, SCV, SPD e PL) e das variáveis ambientais (Umidade do solo, C orgânico, Al, pH, Fração Leve Livre, Fração intra-agregado e P) e gêneros de nematóides da coleta do verão de 2005. Variáveis ambientais são representadas por setas e os manejos por quadrados. CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Tabela 5- Scores das variáveis ambientais nos dois primeiros eixos de ordenação da ACC da coleta do verão de 2005.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
pH	-0,8255	0,4036
Carbono orgânico (Corg)	0,2351	0,6333
Fósforo (P)	-0,7806	-0,3490
Potássio (K)	-0,1980	0,1254
Umidade (Um)	0,1514	0,7706
Alumínio (Al)	0,9223	-0,3354
Fração leve livre da matéria orgânica (F.L. L)	0,4092	-0,4323
Fração leve da matéria orgânica (F.I.)	0,1950	-0,5512

4.5.2 Análise de agrupamento

Os grupos funcionais de nematóides de duas épocas de amostragens foram agrupados por similaridade, baseado na distância Euclidiana. Observa-se que na coleta de inverno de 2004 houve a formação de quatro agrupamentos (Figura 20). Os sistemas que apresentaram maior similaridade foram os sistemas SPD e SCS, com uma distância Euclidiana de 6,3 (Tabela 6), houve um segundo agrupamento, que envolveu o sistema PL e os sistemas SPD e SCS. O sistema SCV foi o sistema que mais se diferenciou dos demais, tendo apresentado elevados valores de distância Euclidiana.

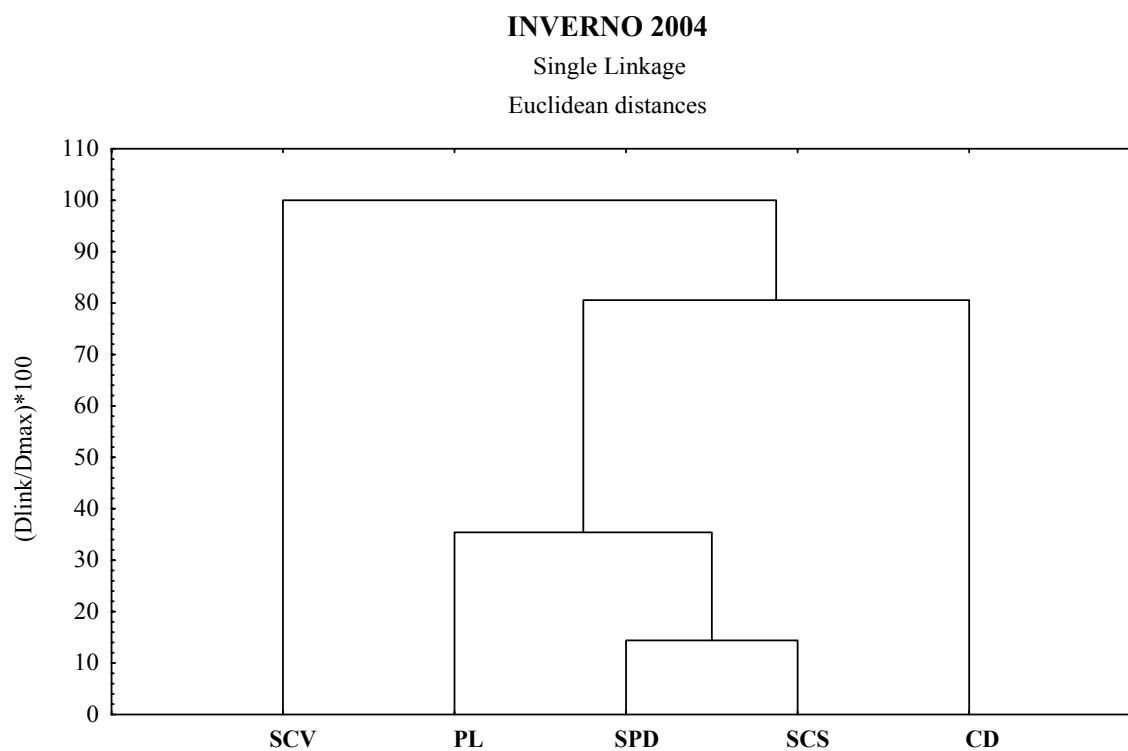


Figura 20- Dendrograma dos grupos funcionais de nematóides do solo, inverno de 2004 (Campo Grande – MS). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Tabela 6- Valores das distâncias Euclidianas, baseadas nos grupos tróficos de nematóides, inverno de 2004 (Campo Grande – MS).

	CD	SCS	SCV	SPD	PL
CD	0	35,0	43,4	36,7	48,7
SCS	35,0	0	50,1	6,3	15,8
SCV	43,4	50,1	0	52,6	64,7
SPD	36,7	6,3	52,6	0	15,4
PL	48,7	15,8	64,7	15,4	0

CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Na coleta de verão de 2005 também houve a formação de quatro clusters (Figura 21). Os sistemas SCS e SPD mantiveram a maior similaridade com menor distância 12,2 (Tabela 7). Nesta época de coleta o sistema PL se separou dos demais sistemas.

Nas duas épocas de coleta os sistemas SPD e SCS apresentaram grande similaridade quanto a distribuição de grupos tróficos de nematóides. O sistema SPD passou a apresentar maior similaridade ao sistema SCV na coleta de verão de 2005, quando os dois sistemas apresentavam a soja no campo e também havia no campo muitas invasoras, fazendo com que estes sistemas não se diferenciassem muito quanto ao tipo de cobertura.

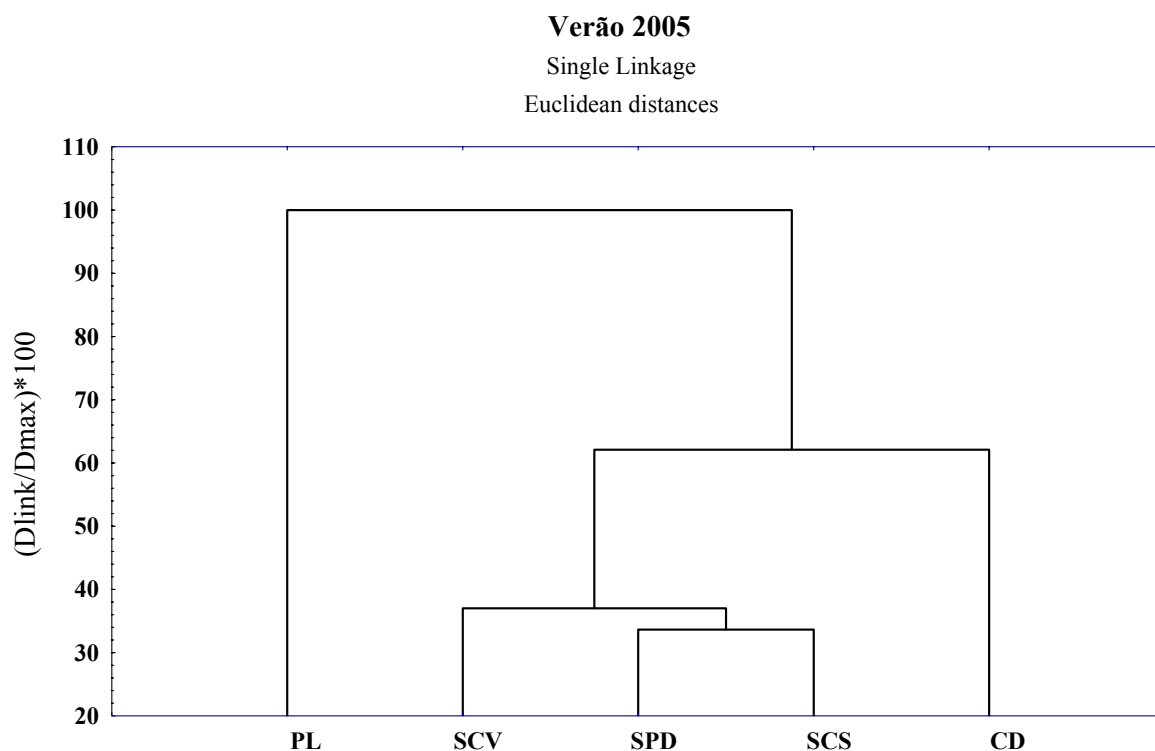


Figura 21- Dendrograma dos grupos funcionais de nematóides do solo, verão de 2005 (Campo Grande – MS). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

Tabela 7- Valores das distâncias Euclidianas, baseadas nos grupos tróficos de nematóides, verão de 2005 (Campo Grande – MS).

	CD	SCS	SCV	SPD	PL
CD	0	32,3	40,7	22,5	36,3
SCS	32,3	0	13,4	12,2	56
SCV	40,7	13,4	0	18,3	68,3
SPD	22,5	12,2	18,3	0	51,9
PL	36,3	56	68,3	51,9	0

CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

A análise multivariada curvas de respostas principais (Principal Response Curves, PRC), ordena os tratamentos, em função da nematofauna, em apenas um eixo e permite a comparação dos tratamentos com o controle, no caso a mata de cerrado (CD), ao longo do tempo de estudo (Figura 22). Nesta análise pode-se observar que há grande flutuação sazonal na composição da nematofauna em todos os sistemas. Na coleta realizada no verão de 2005 apresentou a maior queda do coeficiente discriminante (Cdt). As duas coletas realizadas nos períodos de inverno (2004 e 2006) apresentaram variações menores do Cdt no sistema PL. Na coleta de verão de 2006 os sistemas SCS, SCV e SPD estiveram bastante próximos da mata, indicando que as variações na composição da nematofauna do solo nesses três sistemas apresentaram a mesma tendência. Neher et al., (2005) estudando o efeito do tipo de ecossistema e o grau de perturbação entre eles com o auxílio da PRC, observou que há variação sazonal na população de nematóides. Estes autores verificaram também que há variação sazonal entre níveis de perturbação e este tipo de informação pode servir como referência de qual a época apropriada do ano para se fazer uma amostragem para se detectar diferenças nas condições do solo. Entre os períodos estudados, o período onde houve uma maior variação entre os tratamentos foi na coleta de verão de 2005, não sendo uma época apropriada para fazer a comparação entre os sistemas. Nas épocas de inverno houve as menores variações, sendo as mais indicadas para a comparação entre os sistemas de manejo.

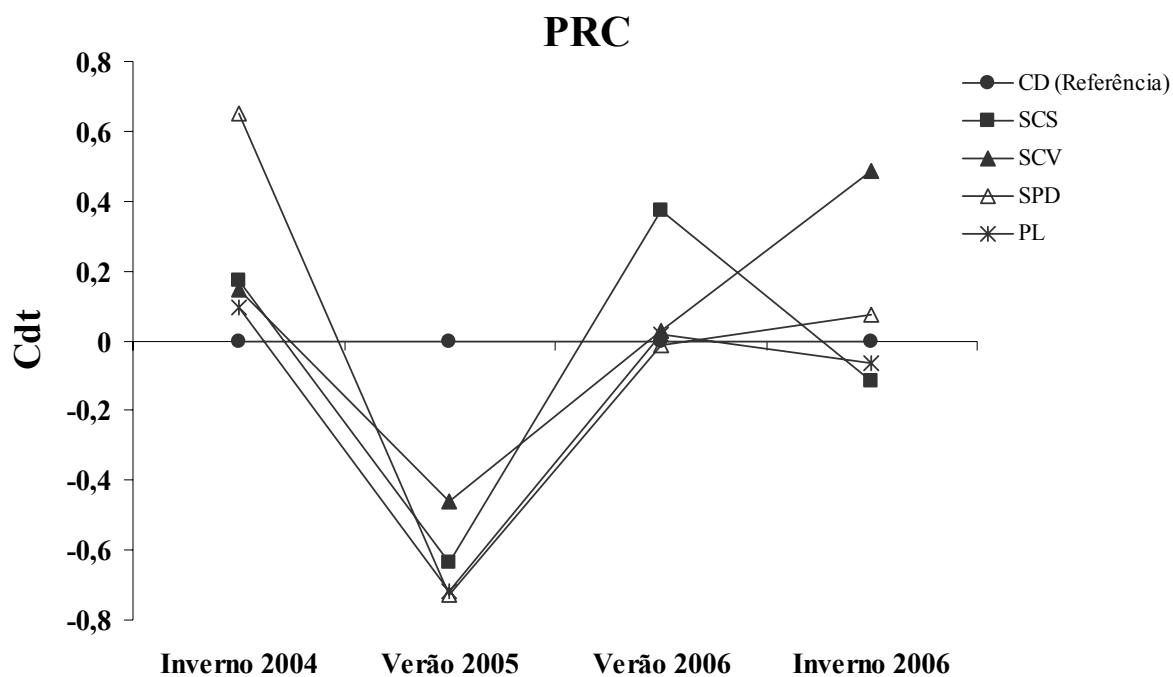


Figura 22- Curvas de respostas principais dos tratamentos em função da nematofauna do solo, comparando com a mata de cerrado (referência). CD= Mata nativa de cerrado; SCS= Soja Conservacionista; SCV= Soja Convencional; SPD= Soja Plantio Direto e PL= Pastagem Consorciada com Leguminosa.

4.6 CONCLUSÕES

Variáveis ambientais relevantes tais como o pH do solo, Al, umidade do solo, podem explicar as variações na composição da comunidade de nematóides nos sistemas estudados. Entretanto, nenhum fator isoladamente poderia ser selecionado como sendo de extrema importância.

Quanto à distribuição dos grupos tróficos, os sistemas SPD e SCS foram os mais similares quanto a distribuição trófica de nematóides.

Há variação sazonal na população de nematóides ao longo das épocas coletas, tendo ocorrido a maior variação no verão de 2005.

Os métodos multivariados se mostraram eficientes no estudo na comunidade de nematóides, houve a possibilidade de se estudar uma grande quantidade de gêneros de nematóides juntamente com variáveis ambientais e distintos manejos. O método de Análise de Correspondência Canônica foi mais adequado dentre os métodos utilizados, pois foi possível conhecer quais as variáveis ambientais que mais influenciaram a dinâmica de nematóides do solo em distintos sistemas de manejo e cobertura do solo. Tal fato não seria possível com a avaliação de apenas um grupo de variável isoladamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos no presente estudo reforçam a hipótese de que os nematóides são bons indicadores e que se mostraram mais sensíveis, neste estudo, ao tipo de cobertura do que ao tipo de manejo.

As análises multivariadas foram eficientes em simplificar os resultados obtidos, permitindo a comparação entre os tratamentos a partir de dados químicos e biológicos ao mesmo tempo.

O estudo demonstrou que o sistema de mata de cerrado, escolhido como sistema de referência, apresentou as melhores resultados para todos os parâmetros avaliados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÁMOLI, J., MACEDO, J., AZEVEDO, L.G. AND NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (ed.) Solos dos cerrados, tecnologia e estratégias de manejo. Planaltina, CPAC/EMBRAPA, Nobel, pp. 33-74. 1986.
- AKHTAR, M. AND MALIK, A. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. **Bioresource Technology**, v. 74: 35-47. 2000.
- ALABOUVETTE, C., OLIVAIN, C. AND STEINBERG, C. Biological control of plant diseases: the European situation. **European Journal of Plant Pathology**, v. 114:329-341. 2006.
- ANDRADE, E. P. **Uso da comunidade de nematóides como bioindicador de qualidade do solo em diferentes sistemas de pastagem e soja**. 59f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Curso de Pós-Graduação em Fitopatologia. Universidade de Brasília. 2004.
- ANDRASSY, I. A taxonomic review of the sub-order Rhabditina (Nematoda – Secernentea). ORSTROM. Paris, 241 p. 1983.
- ANGERS D.A., CARON J. Plant-induced changes in soil structure: Processes and feedbacks. **Biogeochemistry** v. 42:55-72. 1998.
- ARMITAGE, D.M. Population changes of four species of insects (Coleoptera: Diptera) in three deep poultry houses. **Entomologist's Monthly Magazine**, Oxford, v.122, p.75-77, 1986.
- AZEVEDO, L.G.; ADÁMOLI, J. Avaliação agroecológica dos recursos naturais da região dos cerrados. In: Simpósio sobre o Cerrado, 6., Brasília, DF, 1982. **Anais**. Planaltina, DF, EMBRAPA-CPAC, p. 729-761. 1988.
- BALESDENT, J.; CHENU, C. AND BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil Tillage Research**, v. 53: 215-230, 2000.
- BAKONYI, G AND NAGY, P. Temperature and moisture-induced changes in the structure of the nematode fauna of a semiarid grassland - patterns and mechanisms. **Global Change Biology** v. 6 (6): 697–707. 2000.
- BARCELLOS, A. de O. Sistemas extensivos e semi-extensivos de produção: pecuária bovina de corte nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1, 1996, Brasília. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados**. Anais...Planaltina: EMBRAPA – CPAC, P.130 – 136. 1996.
- BARDGETT, R. D. *The Biology of Soils: A Community and Ecosystem Approach*, Oxford University Press, Oxford. 2005.

BAREA, J. M. Vesicular-arbuscular micorrhizae as modifiers of soil fertility. *Advances on Soil Science*, New York, 15: 1 – 40, 1991.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* v. 54: 101-109, 2000.

BEARE, M.H., CABRERA, M.L., HENDRIX, P.F., AND COLEMAN, D.C. Aggregate-protected and un-protected organic matter pools in conventional–and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, 787–795. 1994.

BOCK, R.D. *Multivariate statistical methods in behavioral research*. McGraw Hill. 1975.

BONGERS, T. AND BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* v.10:239-251. 1998.

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

BONGERS, T. AND FERRIS, H, Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends Ecol. Evol.* v.14: 224–228. 1999.

CARES, J. H. AND HUANG, S. P. Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of central Brazil. *Fitopatologia Brasileira* v. 16: 199-209, 1991.

CAUSTON, D.R. *An introduction to vegetation analysis, principles, practice and interpretation*. London: Unwin Hyman, 342p. 1988.

CHAVES, E., G. CAP, M. TORRES, Y M. ECHEVERRÍA. Informe del plan de trabajo “Caracterización y distribución de nematodos de importancia cuarentenaria en la provincia de Buenos Aires”. INTA. Programa 13-0173, EEA Balcarce, 19p. 1998.

CHIARUCCI, A., ROCCHINI, D., LEONZIO, C., DE DOMINICIS, V. A test of vegetation–environment relationship in serpentine soils of Tuscany, Italy. *Ecol. Res.* v.16: 627–640. 2001.

COLEMAN, D.C., A.L. EDWARDS, A.J. BELSKY, Y S. MWONGA. The distribution and abundance of soil nematodes in East Africans savannas. *Biol. Fert. Soils*. v.12:67-72. 1991.

COLEMAN, D.C., R.V. ANDERSON, C.V. COLE, J.F. MCCLELLAN, L.W. WOODS, J.A. TROFYMOW, AND E.T. ELLIOTT. Roles of protozoa and nematodes in nutrient cycling. P. 17-28. In R.L. Todd and J.E. Giddens (ed.) *Microbial-plant interactions*. ASA Spec. Publ. 47. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. 1984.

CORRAZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. AND GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v. 23: 425 – 432. 1999.

CORRÊA, A. N. S. *Pecuária de Corte na Região de Cerrado do Brasil*. Campo Grande, MS. EMBRAPA – CNPQC, 9 p. Mimeografado. 1995.

- DE DEYN, G. B., RAAIJMAKERS, C. E. AND VAN DER PUTTEN, W. H. Plant community development is affected by nutrients and soil biota. **Journal of Ecology** v. 92: 824-834. 2004.
- DE GOEDE, R.G.M. AND BONGERS, T., Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. **Appl. Soil Ecol.** v. 1: 29-44. 1994.
- DE RUITER, P. C., VAN VEEN, J. A., MOORE, J. C., BRUSSAARD, L. AND HUNT, H. W. Calculation of nitrogen mineralization in soil food webs. **Plant and Soil** v. 157: 263-273. 1993.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: SSSA, p. 3-21. 1994.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 212 p., 1997.
- ESPINOZA, W., AZEVEDO, L. G., JARRETA JÚNIOR, M. O clima da região dos cerrados em relação à agricultura. Planaltina, DF, EMBRAPA-CPAC, 37p. (Circular Técnica 9). 1982.
- ETTEMA, C.H., Y T. BONGERS. Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the maturity index. **Biol. Fertil. Soils**. v. 16: 79-85. 1993.
- EUCLYDES, R.F. Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG. Central de Processamento de Dados. Viçosa, MG: UFV. 68p. 1983.
- FERRAZ, L. C. C. B. AND MONTEIRO, A. R. Nematóides. In: BERGAMIN FILHO, A; KIMATI, H. & AMORIM, L. (Editores) - **Manual de Fitopatologia vol I. Princípios e Conceitos**. São Paulo. CERES. 919 p. 1995.
- FERREIRA, D. F. Análise Multivariada. Lavras. 394p. 1996.
- FERRIS, H., BONGERS, T., DE GOEDE, R.G.M. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Appl. Soil Ecol.** v. 18:13-29. 2001.
- FERRIS, V.R., Y J.M. FERRIS. Inter-relationship between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. **Agroecosystems** v. 1: 275-299. 1974.
- FERRIS, V. R. AND J. M. FERRIS. Why ecologists need systematists: Importance of systematics to ecological research. **J. Nematol.** v. 21:308-314. 1989.
- FIGUEIRA, A. F. **Dinâmica da população de nematóides do solo em quatro sistemas de uma unidade de produção agroecológica**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.
- FLEGG, J. J. AND HOPPER, D. J. Extraction of free-living stages from soil. In: Laboratory methods for work with plant soil nematodes. J. F. SOUTHEY (ed.). Commonwealth Agricultural Bureaux, Herts, Technology Bull. 2: 275-296. 1970.

FRECKMAN, D. AND CASWELL, E. P. The Ecology of Nematodes in Agroecosystems. **Annual Review of Phytopathology**. v. 23: 275-296. 1985.

FRECKMAN, D. AND HUANG, S. P. Response of the soil nematode community in a shortgrass steppe to long-term and short-term grazing. **Applied Soil Ecology**, New York, v. 9: 39-44. 1998.

FRECKMAN, D. W. AND ETTEMA, C. H. Assessing nematodes communities in agroecosystems of varying human intervention. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 45: 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.

FU, S; COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F.; CROSSLEY Jr., D. A. Responses of trophic groups of soil nematodes to residue application under conventional tillage and no till regimes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11-12, p. 1731-1741. 2000.

GARRIDO, W. E.; AZEVEDO, L. G.; JARRETA-JUNIOR, M. O clima da região dos cerrados em relação à agricultura. Embrapa/CPAC, Planaltina, DF, 37p. (Embrapa/CPAC, Circular Técnica 9).1982.

GOODALL, D. W. Objective methods for the classification of vegetation. II. An essay in the use of factor analysis. **Aust. J. Bot.** v. 2:304-324. 1954.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Multivariate data analysis with readings**. 2nd ed. New York: Macmillan, 449p. 1987.

HÁNĚL, L. Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. **Nematologica** v. 41: 197–218. 1995.

HEEGAARD, E., BIRKS, H.H., GIBSON, C.E., SMITH, S.J., WOLFE-MURPHY, S. Species–environmental relationships of aquatic macrophytes in Northern Ireland. **Aquat. Bot.** v. 70: 175–223. 2001.

HENDRIX, P. F.; PARMELEE, R. W. ; CROSSLEY JR., D. A. ; COLEMAN, D.C. ; ODUM, E. P. & GROFFMAN, P. P. Detritus food webs in conventional and no-tillage agrosystems. **BioScience** v. 36: 374-38. 1986.

HODDA, M., WANLESS, F.R., Nematodes from an English chalk grassland: population ecology. **Pedobiologia** v. 38: 530–545. 1994.

HOPE, A. C. A. A simplified Monte Carlo significance test procedure. **Journal Royal Statistical Society**. Series B, v. 30: 582-598, 1968.

HUANG, S. P. AND CARES, J. H. Community composition of plant-parasitic nematodes in native and cultivated cerrados of central Brazil. **Journal of Nematology** v.27: 237-243, 1995.

HUANG, S. P. Ecologia de fitonematóides. In: Vargas, M. A. T. & Hungria, M (Eds) **Biologia dos Solos do Cerrado**. Embrapa-CPAC. Planaltina, DF, pp. 447-463. 1997.

HUANG, S. P., FREIRE, H. C. A. AND CARES, J. E. Grupos compositionais e tróficos dos nematóides associados à sucupira branca (*Pterodon pubescens*) em cerrado nativo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21: 156-160, 1996.

HYVÖNEN, R. AND HUHTA, V. Effects of lime, ash and nitrogen fertilizers on nematode populations in Scots pine forest soils. **Pedobiologia**, v. 33: 129-143, 1989.

INGHAM, R. E., TROFYMOOW J. A., INGHAM, E. R. AND COLEMAN, D. C. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. **Ecological Monographs**, v. 55:19-140, 1985.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48: 692. 1964.

JOHNSON, D. L.; AMBROSE, S. H.; BASSET, J. J.; BOWEN, M. L. CRUMMEY, D. E.; ISAACSON, J. S.; JOHNSON, D. N.; LAMB, P.; SAUL, M.; WINTER-NELSON, A. E. Meanings of environmental terms. **Journal of Environmental Quality**, New York, v. 26: 581-589, 1997.

JONGMAN, R. H. G, TER BRAAK, C. J. F, VAN TONGEREN, O. F. **Data analysis in community and landscape ecology**. Pudic, Wageningen. 298 pp. 1995.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 61: 4-10. 1997.

KENNEDY, A.; DORAN, J. Sustainable agriculture: role of microorganisms. In: BITTON, G. (Org.). **Encyclopedia of Environmental Microbiology**. New York: John Wiley & Sons, p. 3116-3126. 2002.

KENNEDY, A. C.; SMITH, K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, v. 170: 75-86, 1995.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London: Belhaven, 363 p. 1992.

KERRY, B.R. and HOMINICK, W.M. Biological control. In: **The Biology of Nematodes** Ed Donald L Lee. Taylor & Francis. London & New York. pp. 483-509. 2001.

LARNEY, F. J.; BREMER, E.; JANZEN, H. H.; JOPHNSTON, A. M. AND LINDWALL, C. W. Changes in total, mineralizable and light fraction soil organic matter with cropping and tillage intensities in semiarid southern Alberta, Canada. **Soil and Tillage Research** v. 42: 229 – 240, 1997.

LEGENDRE, P. AND LEGENDRE, L. Numerical Ecology. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier. 853p. 1998.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagens, 18, 2001, Piracicaba, Anais. Piracicaba: FEALQ, 2001.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros, 1995, Brasília. Anais... Brasília: SBZ, p. 28-62. 1995.

MAGURRAN, A. E., Ecological diversity and its measurements. Cambridge, UK. University Press. 179p. 1988.

MATTOS, J. K. A. **Caracterização das comunidades de nematóides em oito sistemas de uso da terra no cerrado central do Brasil.** 1999. 113f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Curso de Pós-Graduação em Fitopatologia. Universidade de Brasília.

MCSORLEY, R. AND FREDERICK, J.J. Nematode community structure in rows and between rows of a soybean field. **Fundamentals in Applied Nematology** v. 19: 251–261, 1996.

MEYER, S. L. F. AND ROBERTS, D. P. Combinations of biocontrol agents for management of plant-parasitic nematodes and soilborne plant-pathogenic fungi. **Journal of Nematology**, v. 34: 1-8. 2002.

MONDINO, E. A. **Efecto de las rotaciones, las labranzas y la fertilización nitrogenada sobre la nematofauna del suelo.** 2001, Tesis (Maestría en Producción Vegetal)-Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Buenos Aires AR. 2001. 71 p.

NEHER, D. A. Nematode communities in organically and conventionally managed agricultural soil. **Journal of Nematology** v. 31: 142-154, 1999.

NEHER, D. A. Role of nematode in soil health and their use as indicator. **Journal of Nematology** v. 33(4): 161-168. 2001.

NEHER, D.A., PECK, S.L., RAWLINGS, J.O., CAMPBELL, C.L. Measures of nematode community structure and sources of variability among and within agricultural fields. **Plant Soil** v. 170: 167–181. 1995.

NEHER, D. A., WEICHT, T.R., MOORHEAD, D.L., SINSABAUGH, R.L. Elevated CO₂ alters functional attributes of nematode communities in forest soils. **Funct. Ecol.** v. 18: 584–591. 2004.

NEHER, D.A., WU, J., BARBECHECK, M. E., ANAS, O. Ecosystems type affects interpretation of soil nematode community measures. **Applied Soil Ecology** v. 30: 47-64. 2005.

OKADA, H. AND HARADA, H. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. **Applied Soil Ecology** v. 35: 582-598. 2007.

ORLÓCI, L. Geometrical models in ecology. I. The theory and application of some ordination methods. **J. Ecol.** v. 54:193-215. 1966.

PIELOU, E. C. **Population and community ecology: Principles and methods**. New York: Gordon & Breach, 424 p. 1983.

POPOVICI, I AND CIOBANU, M. Diversity and distribution of nematode communities in grasslands from Romania in relation to vegetation and soil characteristics. **Applied Soil Ecology** v. 14: 27-36. 2000.

PORANZISKA, D. L. et al. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. **Applied Soil Ecology** v. 13: 69-86. 1999.

PORANZISKA, D. L. et al. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. **Applied Soil Ecology** v. 13: 69-86. 1999.

POWER, J. F. AND PETERSON, G. A. Nitrogen transformations, utilization and conservation as affected by fallow tillage method. **Soil and Tillage Research** v. 49: 37-47. 1998.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 19: 159-164, 1997.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomia do Bioma Cerrado**. In Sano, S.M. e Almeida, S.P. (Eds) Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF, Embrapa. 1998.

SALINAS-GARCIA, J. R.; HONS, F. M.; MATOCHA, J. E. & ZUBERER, D. A. Soil carbon and nitrogen dynamics as affected by long-term tillage and nitrogen fertilization. **Biology and Fertility of Soils** v. 25: 182-188, 1997.

SAMOILOFF, M. R. Nematodes as Indicators of Toxic Environmental Contaminants. In: Veech JA, Dickson DW (eds) **Vistas on Nematology**. E.O. Painter Printing Co. De Leon Springs, Florida, pp 433-439. 1987.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREDJA, J. J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, Madison, v.164: 224-233, 1998.

SCHERER-LORENZEN, M., PALMBORG, C., PRINZ, A, SCHULZE, E. D. The role of plant diversity and composition for nitrate leaching in grasslands. **Ecology** v. 84:1539-1552. 2003.

SHANNON C. E, WEAVER. W. The mathematical theory of information. University of Illinois Press, Urbana, 148 p. 1949.

SMITH, J. L.; MYUNG, M. H. Rapid procedures for preparing soil KCl extracts for ¹⁵N analysis. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Boca Raton, v. 21: 2173-2180, 1990.

SOININEN, J. Responses of epilithic diatom communities to environmental gradients in some Finnish rivers. *Int. Rev. Hydrobiol.* v. 87 (1): 11-24. 2002.

- TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** v.67 (67): 1167–1179. 1986.
- TER BRAAK, C.J.F. AND SIMILAUER, P. Canoco for Windows version 4.5 Biometris – Plant Research, Wageningen, Holanda, 500p. 2002.
- TER BRAAK, C.J.F., CANOCO: an extension of DECORANA to analyze species–environment relationships. **Vegetation** v. 75: 159–160. 1988.
- THORNE, G. Nematodes of the Northern Great Plains. Part.- II. Dorylaimida (Nematoda – Adenophorea). Agric. Experim. Station South Dakota-USA, 120 p. 1974.
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 372p. 1993.
- TILMAN, D., WEDIN, D. AND KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature** v. 379: 718 – 720. 1996.
- URZELAI, A., HERNÁNDEZ, A.J., PASTOR, J. Biotic indices based on soil nematode communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. **Sci. Total Environ.** v. 247: 253–261. 2000.
- VALOCKA, B., SABOVA, M. Communities of soil and plant nematodes in two types of grassland. **Helminthology** v. 34: 97-103. 1997.
- VAN BRUGGEN, A. H. C., SEMENOV, A. M., VAN DIEPENINGEN, A. D., DE VOS, O. J. AND BLOK, W. J. Relation between soil health, wave-like fluctuations in microbial populations and soil-born disease management. **European Journal of Plant Pathology**, v. 115: 105-122. 2006.
- VAUGHN, C.C., TAYLOR, C.M. Macroecology of a host–parasite relationship. **Ecography** (Copenhagen) v. 23: 11–20. 2000.
- VILLENAVE, C., BONGERS T, EKSCHMIDT. K, DJIGAL D, CHOTTE J. L. Changes in nematode communities following cultivation of soils after fallow periods of different length. **Appl Soil Ecol** v. 17:43–52. 2001.
- WARDLE D.A. Communities and Ecosystems: Linking the Aboveground and Belowground Components, Princeton University Press, Princeton, NJ.400 p. 2002.
- WARDLE D.A. The influence of biotic interactions on soil biodiversity. **Ecology Letters**, v. 9 (7): 870–886. 2006.
- WARDLE, D. A. AND BARKER, G. M. Competition and herbivory in establishing grasslands: implications for plant biomass, species diversity and soil microbial activity. **Oikos**, v. 80: 470–480. 1998.
- WARDLE, D. A. BONNER, K. I., NICHOLSON, K. S. Biodiversity and Plant Litter: Experimental Evidence Which Does Not Support the View That Enhanced Species Richness Improves Ecosystem Function. **Oikos**, v. 79: 247-258. 1997.

- WARDLE AND K.E. GILLER. The quest for a contemporary ecological dimension to soil biology. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8: 1554–1579. 1997.
- WASILEWSKA, L. The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenosis. **Pol. Ecol. Stud.** v. 5: 97–145. 1979.
- WASILEWSKA, L. Long-term changes in communities of soil nematodes on fen peat meadows due to the time since their drainage. **Ekologia Polska**, v. 2/39: 59-104, 1991.
- WASILEWSKA, L. The effects of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. **Pedobiologia**. v. 38: 1-11. 1994
- WASILEWSKA, L. Changes in proportions of groups of bacterivorous soil nematodes with different life strategies in relation to environmental conditions, **Applied Soil Ecology** v. 9: 215–220. 1998.
- WIDMER, T. L., MITKOWSKI, N. A. AND ABAWI, G. S. Soil organic matter and management of plant-parasitic nematodes. **Journal of Nematology**, v. 34: 289-295. 2002.
- WITTIG, R. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants. In: MARKERT, B. (Org.) **Plant as biomonitors. Indicators for heavy metals in the terrestrial environment**. Weinheim: VCH. p. 3-27. 1993.
- YEATES, G.W. Populations of nematode genera in soils under pasture. III. Vertical distribution at eleven sites. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 23: 117-128. 1980.
- YEATES, G. W. Variation in soil nematode diversity under pasture with soil and year. **Soil Biol Biochem** v. 16: 95–102. 1984.
- YEATES, G.W. Effects of plants on nematode community structure. **Ann. Rev. Phytopathol.** v. 37: 127–149. 1999.
- YEATES, G.W. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37 (3): 199-210, 2003.
- YEATES, G. W., BAMFORTH, S. S., ROSS, D. J., TATE, K. R. & SPARLING, G. Recolonization of methyl bromide sterilized soil under four different field conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 11:181-189, 1991.
- YEATES, G.W. AND 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 soil nematode families and genera: an outline for ecologists. **J. Nematol.**, v. 25: 315–331. 1993.