

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**DINÂMICA DOS ÁCAROS E COLÊMBOLOS EDÁFICOS E SEU POTENCIAL
COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

**Gleudson Gimenes Rieff
(Tese de doutorado)**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**DINÂMICA DOS ÁCAROS E COLÊMBOLOS EDÁFICOS E SEU POTENCIAL
COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

GLEIDSON GIMENES RIEFF
Biólogo (FUNDASUL)
Mestre em Ciência do Solo (UFRGS)

Tese apresentada como
um dos requisitos para obtenção do
grau de Doutor em Ciência do Solo

**Porto Alegre (RS) Brasil
Abril de 2014**

*A Deus e a N^a. S^a. de Fátima pelo dom da vida,
pelas bênçãos recebidas e pela coragem para questionar os fatos
e propor sempre um novo mundo de possibilidades.*

*A minha esposa, Juliana Lauffer Nunes pelo companheirismo
e por ter me apoiado principalmente durante o doutorado sanduíche.
E também a minha filha Sofia que esta à caminho para alegrar esta família
Aos meus queridos pais, Célio Ambos Rieff e Maria do Carmo Gimenes Rieff
pelos ensinamentos e exemplos de dedicação e amor.
Aos meus irmãos Grazieli e Gleberson, aos meus sobrinhos,
amigos e demais familiares que participaram desta caminhada.
DEDICO.*

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelo conhecimento e oportunidade de realizar o doutorado.

Ao meu Orientador, Professor Enilson Luiz Saccol de Sá, pela orientação, amizade, ensinamentos e também pela oportunidade de fazer parte da equipe do Laboratório de Microbiologia do Solo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que fizeram parte desta caminhada como pesquisador em Ciência do Solo.

Ao secretário do PPG Ciência do solo, Jader Ribeiro Amaro, pelo seu profissionalismo e atenção com os alunos da pós.

Aos colegas de pós-graduação pela amizade e auxílio durante o período do mestrado e doutorado.

Aos colegas de laboratório de Microbiologia do Solo pela confraternização diária e companheirismo e ao Marcio da Silva Silveira pelo auxílio e amizade desde de 2007.

Ao meu bolsista Bruno César da Costa, pelo auxílio responsável nos trabalhos executados durante as coletas de solos e análises da mesofauna edáfica.

Aos coorientadores Portugueses, Prof. José Paulo Filipe Afonso de Sousa e ao Dr. Tiago Natal-da-Luz, pela receptividade, atenção e ensinamentos durante o período de doutorado sanduiche na Universidade de Coimbra – UC em Portugal.

Aos colegas do laboratório de Ecotoxicologia do solo da Universidade de Coimbra – Portugal, Amélie Cant, António Alves da Silva, Carla Pereira, Filipa Reis, Filipe Chichorro, Henrique, Joana Alves, João Raimundo, João Pontes, Sara Mendes e Sónia Chelinho, obrigado por tudo, pelo carinho, acolhimento e por ter transformando a distância de casa mais fácil de superar. Pelas contribuições nas análises estatísticas, na taxonomia dos colêmbolos e montagem e desmontagem do experimento com TMEs na Agraria. Também pelo futebol as terças à tarde na Universidade, que além da distração, também

foram momentos de alegrias e de boas risadas. Aos amigos Mathieu e a Laura pelos “finos” no final da tarde e pelo companheirismo durante os finais de semanas.

Aos amigos Ricardo Cesar (CETEM/MCT), Rômulo Alexandrino (FEAM) e o Daniel Nyitrai (UC) pelo companheirismo e amizade.

Ao Sinditabaco (Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco) pelo auxilio financeiro na execução do Projeto Microbacia em Arvorezinha /RS.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de doutorado sanduíche.

DINÂMICA DOS ÁCAROS E COLÊMBOLOS EDÁFICOS E SEU POTENCIAL COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO¹

Autor: Gleidson Gimenes Rieff.

Orientador: Prof. Enilson Luiz Saccol de Sá.

Os ácaros e colêmbolos são os principais componentes da mesofauna edáfica e importantes nos processos ecológicos como a decomposição da matéria orgânica. As alterações na qualidade biológica do solo causadas pelos diferentes sistemas de manejo de cultivo podem ser avaliadas pelo monitoramento dos ácaros e colêmbolos edáficos. Com base nisso, o objetivo deste estudo foi de verificar o potencial dos grupos, famílias e/ou espécies de ácaros e colêmbolos nas análises dos efeitos dos sistemas de manejo sobre a qualidade biológica do solo. O trabalho foi desenvolvido em três experimentos: (a) coletas de solos em áreas sob cultivo convencional e direto de tabaco, localizadas na microbacia de Arvorezinha/RS; (b) amostragens de solos em áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros, localizadas na Ecocitrus em Montenegro/RS e (c) coletas da camada de serapilheira e do solo na área sob cultivo convencional e orgânico de citros. Em todos os locais também foram amostrados solos em áreas de mata nativa sem interferência antrópica. Para as coletas de solos foram utilizados cilindros metálicos (7 cm de diâmetro x 7,5 de profundidade) e para a extração e captura dos ácaros e colêmbolos aplicou-se a metodologia do Berlese-Tullgren. Foram monitoradas e avaliadas a flutuação na densidade de ácaros e colêmbolos ao longo do tempo, e calculados os índices de diversidade, e observadas a presença e ausência dos grupos taxonômicos e também a atividade e a diversidade funcional dos colêmbolos. Os resultados foram submetidos a análise estatísticas, pelo teste Tukey (5%) e a análise multivariada (análise de componentes principais, curvas de respostas principais e diagrama de distribuição dos grupos). As densidades de ácaros e colêmbolos foram influenciadas pelos sistemas de cultivos. Os táxons dos ácaros da família Galumnidae e dos gêneros *Tyrophagus* e *Oribatida* e dos colêmbolos das famílias Symphypleonidae e Isotomidae foram encontrados em menores densidades nas áreas sob cultivo convencional de tabaco e de citros. A análise multivariada dos dados mostrou que além dos táxons citados acima, também os ácaros da família Phithiracaridae e do gênero *Neocunaxoides* e os colêmbolos da família Onychiuridae foram influenciados pelo manejo convencional, tanto no cultivo de tabaco como de citros. Entretanto, a densidade de ácaros dos gêneros *Rhizoglyphus* e *Armacirus* foi maior sob sistema de cultivo convencional. Os índices de diversidade (Shannon_H, Taxa_S e de Margalef) e a atividade e diversidade funcional foram maiores para ácaros e colêmbolos capturados nas amostras de solos das áreas sob sistema cultivo orgânico de citros e de plantio direto de tabaco do que sob cultivo convencional. Os ácaros e colêmbolos foram influenciados pelos sistemas de cultivo de citros e de tabaco, onde foi possível observar relações entre a densidade dos grupos com as alterações no solo.

¹ Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (120 p). Abril, 2014.

DYNAMICS OF MITES AND COLLEMBOLA AND THEIR POTENTIAL AS BIOINDICATORS OF SOIL QUALITY IN DIFFERENT AREAS UNDER TILLAGE SYSTEMS¹

Author: Gleidson Gimenes Rieff.

Adviser: Prof. Enilson Luiz Saccol de Sá.

Mites and springtails are the major components of soil mesofauna and important in ecological processes such as decomposition of organic matter. Changes in biological soil quality caused by different tillage management systems cultivation can be assessed by monitoring mites and springtails edaphic. Based on this, the aim of this study was to verify the potential of groups and families of the mites and springtails to evaluate the effects of tillage systems on biological soil quality. The study was conducted in three experiments: (a) collections in areas under soil under conventional and no-till tobacco, located in the watershed of the Arvorezinha/RS; (b) sampling of soils in areas under conventional and organic cultivation of citrus, located in Ecocitrus in Montenegre /RS and (c) collection of the litter layer and soil in the area under conventional and organic cultivation of citrus. Soils in areas of native forest without anthropic interference were also sampled. For the collection of soil metal cylinders (7 cm diameter x 7.5 deep) and were used for the extraction and capture applied the methodology of Berlese-Tullgren. Were monitored and evaluated the fluctuation in the density of mites and springtails over time, and calculated diversity indices, and observed the presence and absence of taxonomic groups and also the activities and functional diversity of springtails. The results were subjected to statistical analysis by Tukey test (5 %) and multivariate analysis principal component analysis, principal response curves and elaborate the distribution diagram of groups. The population density of springtails and mites were influenced by tillage management. Taxa of mites Galumnidae family and genus *Tyrophagus* and *Oribatida* and Collembola families Symphypleonidae and Isotomidae were found in lower densities in areas under conventional cultivation of tobacco and citrus. Multivariate analysis revealed that besides the taxa mentioned above, also mites Phthiracaridae family and both conventional management in the cultivation of tobacco as citrus influenced genus of springtails and Neocunaxoides familia Onychiuridae. However, the density of mites of the *Rhizoglyphus* and *Armacirus* was higher under conventional tillage. The diversity indices (Shannon_H, Taxa_S and Margalef) and activity and functional diversity were higher for mites and springtails captured in soil samples from the areas under cultivation system organic citrus and tobacco tillage than under conventional tillage. Mites and springtails were influenced by the cultivation of citrus and tobacco, where it was possible to observe relationships between density of groups with changes in biological soil quality systems.

¹ Doctorate Thesis in Soil Science. Post-graduate program of Soil Science, Department of Agronomy, Federal University of Rio Grande do Sul. (137 p). April, 2014.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ÁCAROS E COLÊMBOLOS EDÁFICOS | |
| 2.1. Solo e a biota..... | 3 |
| 2.2. Características morfológicas dos ácaros e colêmbolos..... | 4 |
| 2.3. Importância da mesofauna no solo..... | 6 |
| 2.4. Indicadores ou bioindicadores da qualidade de solo..... | 6 |
| 2.5. Potencial bioindicador dos ácaros e colêmbolos..... | 7 |
| 2.5.1. Sistemas de manejo do solo..... | 9 |
| 2.6. Metodologias de avaliação dos ácaros e colêmbolos..... | 11 |
| 2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 15 |
| 3. CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DOS MICRO-ARTRÓPODES EDÁFICOS: POTENCIAL BIOINDICADOR EM ÁREAS DE TABACO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJOS | |
| 3.1. INTRODUÇÃO..... | 23 |
| 3.2. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 25 |
| 3.2.1. Caracterização das áreas experimentais..... | 25 |
| 3.2.2. Coleta e preparo das amostras de solo..... | 26 |
| 3.2.3. Extração e captura de ácaros e colêmbolos edáficos.. | 27 |
| 3.2.4. Identificação taxonômica dos grupos..... | 28 |
| 3.2.5. Análise estatística dos dados..... | 29 |
| 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 31 |
| 3.3.1. Números totais de ácaros e colêmbolos..... | 31 |
| 3.3.2. Identificação taxonômica dos ácaros edáficos..... | 33 |
| 3.3.3. Identificação taxonômica dos colêmbolos edáficos..... | 36 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 3.3.4. | Índices de diversidades..... | 38 |
| 3.3.5. | Curvas de respostas principais (CRP)..... | 40 |
| 3.3.6. | Diagrama de CRP: distribuições dos ácaros e colêmbolos..... | 42 |
| 3.3.7. | Análise de componentes principais (ACP)..... | 44 |
| 3.4. | CONCLUSÕES..... | 47 |
| 3.5 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 48 |
| 4. | CAPÍTULO III – POTENCIAL BIOINDICADOR DOS ÁCAROS E COLÊMBOLOS: USO NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB CULTIVO CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE CITROS | |
| 4.1. | INTRODUÇÃO..... | 54 |
| 4.2. | MATERIAL E MÉTODOS..... | 56 |
| 4.2.1. | Procedimento amostral..... | 57 |
| 4.2.2. | Preparação para análises dos ácaros e colêmbolos... | 57 |
| 4.2.3. | Identificação taxonômica dos ácaros e colêmbolos..... | 58 |
| 4.2.4. | Análise estatística dos dados..... | 59 |
| 4.3. | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 61 |
| 4.3.1. | Micro-artrópodes edáficos capturados..... | 61 |
| 4.3.1.1. | Ácaros edáficos..... | 62 |
| 4.3.1.2. | Colêmbolos edáficos..... | 64 |
| 4.3.2. | Classificação taxonômica dos ácaros capturados..... | 65 |
| 4.3.3. | Classificação taxonômica dos colêmbolos capturados..... | 68 |
| 4.3.4. | Índices de diversidade dos micro-artrópodes edáficos..... | 70 |
| 4.3.5. | Curvas de respostas principais (CRP)..... | 72 |
| 4.4. | CONCLUSÕES..... | 76 |
| 4.5. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 77 |
| 5. | CAPÍTULO IV – DINÂMICA DE ÁCAROS E COLÊMBOLOS NA SERAPILHEIRA E NO SOLO DE ÁREAS SOB SISTEMAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE CITROS | |
| 5.1. | INTRODUÇÃO..... | 85 |
| 5.2. | MATERIAL E MÉTODOS..... | 88 |
| 5.2.1. | Descrição das áreas experimentais..... | 88 |
| 5.2.2. | Amostragens das camadas da serapilheira e do solo.. | 89 |
| 5.2.3. | Extração e captura de ácaros e colêmbolos..... | 90 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.2.4. | Identificação taxonômica dos ácaros e colêmbolos..... | 90 |
| 5.2.5. | Atividade e diversidade funcional dos colêmbolos..... | 91 |
| 5.2.6. | Análise estatística dos dados..... | 92 |
| 5.3. | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 93 |
| 5.3.1. | Ácaros na serapilheira e no solo..... | 93 |
| 5.3.2. | Colêmbolos na serapilheira e no solo..... | 95 |
| 5.3.3. | Identificação taxonômica dos ácaros edáficos..... | 98 |
| 5.3.4. | Identificação taxonômica dos colêmbolos edáficos..... | 101 |
| 5.3.5. | Atividade funcional dos colêmbolos..... | 103 |
| 5.3.6. | Diversidade funcional dos colêmbolos..... | 105 |
| 5.3.7. | Análise de componentes principais (ACP)..... | 106 |
| 5.4. | CONCLUSÃO..... | 110 |
| 5.5. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 111 |
| 6. | CONCLUSÕES GERAIS..... | 118 |
| 7. | RESUMO BIOGRÁFICO..... | 119 |

RELAÇÃO DE TABELAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabela 3.1. | Características químicas das amostras de solos (0 – 20 cm) das áreas estudadas localizadas na microbacia hidrográfica Candido Brum em Arvorezinha - RS..... | 25 |
| Tabela 3.2. | Formas e manejos utilizados para o cultivo do tabaco na área experimental localizada na região da Microbacia de Arvorezinha - RS..... | 26 |
| Tabela 3.3. | Classificação taxonômica dos ácaros capturados durante o período de 2011, 2012 e 2013, nas amostras de solos sob cultivo convencional e direto de tabaco e área de mata nativa. Arvorezinha – RS..... | 35 |
| Tabela 3.4. | Classificação taxonômica das famílias de colêmbolos capturadas durante o período de 2011, 2012 e 2013, nas amostras de solos sob cultivo convencional e direto de tabaco e área de mata nativa. Arvorezinha – RS..... | 38 |
| Tabela 3.5. | Índices ecológicos relativos à abundância média anual de ácaros e colêmbolos capturados nas áreas sob cultivo de tabaco sob plantio direto (PD) e plantio convencional (PC) e área de mata nativa (MN). Arvorezinha – RS..... | 40 |
| Tabela 4.1. | Características químicas das amostras de solos (0 – 20 cm) dos pomares de citros sob sistema de cultivo convencional e orgânico e também um área de mata nativa. Montenegro – RS..... | 56 |
| Tabela 4.2. | Classificação taxonômica dos ácaros capturados nas amostras de solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e na área de referência mata nativa. Montenegro – RS..... | 66 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Tabela 4.3. | Classificação taxonômica dos colêmbolos capturados nas amostras de solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e na área de referência mata nativa. Montenegro – RS..... | 69 |
| Tabela 4.4. | Índices de diversidade relativos às densidades das morfo-espécies de ácaros e colêmbolos capturados solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. Montenegro – RS..... | 71 |
| Tabela 5.1. | Características químicas de solos (0 – 20 cm) dos tratamentos de citros sob sistema de cultivo convencional e orgânico e também um área de mata nativa. Montenegro – RS..... | 88 |
| Tabela 5.2. | Características morfológicas ligadas a adaptação dos colêmbolos ao ambiente do solo, adaptado de Vandewalle et al., (2010)..... | 91 |
| Tabela 5.3. | Classificação taxonômica e abundância dos ácaros capturados nas amostras de serapilheira e solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e na área de mata nativa. Montenegro – RS..... | 100 |
| Tabela 5.4. | Classificação taxonômica das famílias de colêmbolos capturadas nas amostras de serapilheira e solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e área de referência mata nativa. Montenegro – RS..... | 102 |

RELAÇÃO DE FIGURAS

- Figura 3.1.** Números médios de ácaros/m² de solo capturados nas áreas sob cultivo de tabaco convencional e direto e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Arvorezinha – RS.....32
- Figura 3.2.** Números médios de colêmbolos/m² de solo capturados nas áreas sob cultivo de tabaco convencional e direto e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Arvorezinha – RS.....33
- Figura 3.3.** Curvas de resposta principal (CRP) para as densidades de de ácaros. Diagrama de CRP, mostrando os efeitos dos sistemas de manejo do tabaco ao longo das avaliações. Arvorezinha – RS.....41
- Figura 3.4.** Curvas de resposta principal (CRP) para as densidades de colêmbolos. Diagrama de CRP, mostrando os efeitos dos sistemas de manejo do tabaco ao longo das avaliações. Arvorezinha – RS.....42
- Figura 3.5.** Diagrama de CRP, mostrando os efeitos negativos dos sistemas ao longo das avaliações referente as distribuições das famílias e dos gêneros indicando uma associações negativas ou positivas. (a) ácaros e (b) colêmbolos. Arvorezinha – RS.....43
- Figura 3.6.** Gráfico de análise de componentes principais de ordenação biplot das comunidade de ácaros. PC (Plantio convencional), PD (Plantio direto) e MN (Mata nativa). Arvorezinha – RS.....45

| | | |
|--------------------|---|----|
| Figura 3.7. | Gráfico de análise de componentes principais de ordenação biplot das comunidade de colêmbolos. PC (Plantio convencional), PD (Plantio direto) e MN (Mata nativa). Arvorezinha – RS..... | 46 |
| Figura 4.1. | Números médios de micro-artrópodes/m ² de solo capturados nas áreas sob o cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro - RS..... | 61 |
| Figura 4.2. | Números médios de ácaros/m ² de solo capturados nas áreas sob o cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro - RS..... | 63 |
| Figura 4.3. | Números médios de colêmbolos/m ² de solo capturados nas áreas sob o cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro - RS..... | 65 |
| Figura 4.4. | Curvas de resposta principal (CRP) dos grupos dos ácaros. (a) diagrama de CRP, mostrando os efeitos negativos dos sistema ao longo das avaliações e (b) distribuição das famílias e dos gêneros indicando uma associação negativa ou positiva. Montenegro - RS..... | 73 |
| Figura 4.5. | Curvas de resposta principal (CRP) dos grupos dos colêmbolos. (a) diagrama de CRP, mostrando os efeitos negativos dos sistema ao longo das avaliações e (b) distribuição das famílias indicando uma associação negativa ou positiva. Montenegro - RS..... | 75 |
| Figura 5.1. | Números médios de ácaros/m ² de serapilheira capturados nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS..... | 93 |
| Figura 5.2. | Números médios de ácaros/m ² de solo, capturados nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS..... | 95 |
| Figura 5.3. | Números médios de colêmbolos/m ² de serapilheira, capturados nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS..... | 97 |

- Figura 5.4.** Números médios de colêmbolos/m² de solo, capturados nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS.....98
- Figura 5.5.** Atividade funcional do grupos dos colêmbolos capturados nas amostras de serapilheira e solo das áreas de cultivo convencional e orgânico de citros e área de mata nativa. *Estatisticamente diferente a partir da valores da mata nativa, pelo teste - t, P<0,05.....104
- Figura 5.6.** Diversidade funcional do grupos dos colêmbolos capturados nas amostras de serapilheira e solo das áreas de cultivo convencional e orgânico de citros e área de mata nativa. * Estatisticamente diferente a partir da valores da mata nativa (teste - t, p<0,05). Montenegro – RS.....106
- Figura 5.7.** Gráfico de análise de componentes principais das comunidade de ácaros e colêmbolos. Legenda: CC_Solo = solo de cultivo convencional; CO_Solo = solo de cultivo orgânico; MN_Solo = solo de mata nativa; CC_Serap = serapilheira de cultivo convencional; CO_Serap = serapilheira de cultivo orgânico e MN_Serap = serapilheira de mata nativa.....107

1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da população humana tem exigido a utilização de práticas agrícolas mais intensivas para uma maior produção de alimentos. Esses sistemas, geralmente usam modelos de produção baseados na monocultura e no uso de insumos químicos, que resultam em desequilíbrios biológicos e contaminação ambiental. Nos últimos anos, a avaliação dos efeitos dos diferentes sistemas de manejo do solo sobre a biota edáfica, tem crescido em importância. No entanto, no aspecto de estudo da biodiversidade e do monitoramento da dinâmica dos organismos edáficos, tem recebido pouca atenção por parte dos cientistas do solo até recentemente.

Os organismos da biota do solo são componentes fundamentais na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, atuando em vários níveis da cadeia trófica. Dentre os grupos que compõe a biota do solo, está a mesofauna edáfica, composta principalmente por ácaros e colêmbolos. Esses micro-artrópodes são decompositores da matéria orgânica e influenciados pelas alterações no solo, fazendo parte do grupo de organismos edáficos utilizados para o monitoramento das alterações ambientais.

As mudanças na biodiversidade dos ácaros e colêmbolos podem ser devidas a fatores naturais ou antrópicos. Dentre as formas antrópicas mais comuns de alterações, está o uso do manejo convencional, ocorrendo a destruição de habitats, alterando a disponibilidade de alimentos, e também pela presenças de agroquímicos. As avaliações dos impactos dos sistemas de manejos sobre a mesofauna edáfica são ainda mais importantes, quando estão sendo relacionada com aspectos qualidade ambiental do solo. No entanto, pouco se conhece sobre quais as principais alterações e impactos que o

manejo do solo e de culturas, podem ter sobre a diversidade de ácaros e colêmbolos.

A nossa hipótese é que os ácaros e colêmbolos apresentam potencial de uso para avaliar as alterações na qualidade biológica do solo, ocasionadas pelos diferentes sistemas de cultivo de citros e tabaco. Também que o estudo da dinâmica dos ácaros e colêmbolos na serapilheira e no solo, pode fornecer importantes informações sobre o comportamento biológico dos espécimes, contribuindo para o estudo das relações dos grupos com as alterações no ambiente. Este trabalho tem como objetivos: (a) realizar uma avaliação de longa duração da qualidade biológica do solo sob lavouras de tabaco em diferentes sistemas de manejo do solo, monitorando-se a população de ácaros e colêmbolos; (b) avaliar a população de ácaros e colêmbolos em áreas sob sistema de cultivo orgânico e convencional de citros e identificar as espécies, ou famílias, que podem ser usadas como indicadores biológicos da qualidade do solo e (c) observar a dinâmica das famílias de ácaros e colêmbolos na serapilheira e no solo em áreas sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa.

Para testar a nossa hipótese e atingir os objetivos propostos, a pesquisa foi desenvolvida e dividida em capítulos:

- (a) **CAPITULO I** - Revisão bibliográfica: ácaros e colêmbolos edáficos;
- (b) **CAPITULO II** - Avaliação da atividade dos micro-artrópodes edáficos: potencial bioindicador em áreas de tabaco sob diferentes sistemas de manejos;
- (c) **CAPITULO III** - Potencial bioindicador dos ácaros e colêmbolos: uso na avaliação da qualidade do solo em áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros;
- (d) **CAPITULO IV** - Dinâmica de ácaros e colêmbolos na serapilheira e no solo de áreas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional de citros.

2. CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ÁCAROS E COLÊMBOLOS EDÁFICOS

2.1. Solo e a biota

O solo é um dos habitats mais complexos do planeta e também é um dos sistemas biológicos mais desconhecidos (Assad, 1997). Tais características do ambiente solo são resultantes da ação de diversos fatores, como o clima, vegetação e fauna (Wright & Coleman, 2000). O solo contém uma ampla diversidade de estrutura que o torna um habitat em potencial para os organismos edáficos. Ecologicamente, o solo é composto por domínios funcionais que estão presentes na drilosfera (solo influenciados pelas minhocas), rizosfera (pelas raízes e solos adjacentes), e em biofilmes de água adsorvidos nos espaços dos poros (Zilli et al., 2003). Mas acima de tudo, os solos são biologicamente ativos, não somente eles são locais para os organismos, como também formados por esses, e sem a sua presença, o seu desenvolvimento é prejudicado (Havlicek, 2012).

Os organismos edáficos interagem entre si, influenciando e sendo influenciados pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Coimbra et al., 2007). A fauna edáfica desempenha um importante papel na manutenção da cadeia alimentar e do fluxo energético, e também atua diretamente na decomposição dos resíduos orgânicos (Moore et al., 1988; Seastedt, 1984). Esses organismos edáficos, também participam nos ciclos biogeoquímicos, o que pode ser visto mais diretamente através das transformações biogeoquímicas específicas (Correia, 2002).

Além da biota do solo exibir uma grande diversidade de funções ecológicas, também apresentam uma variedade de tamanhos e formas. Para a

classificação da biota do solo, são aplicadas diversas metodologias, como: o tipo de alimentação (fitófagos, predadores, fungívoros e etc.), a localização no perfil do solo (epigéicos, endogéicos e hemigéicos) entre outras formas. No entanto, uma das mais utilizadas, refere-se ao tamanho. De acordo com Correira & Andrade (1999), a biota pode ser classificada como: microfauna que são organismos com o tamanho corporal de 4 a 100 μm ; mesofauna aqueles com o tamanho de 100 μm à 2 mm; e macrofauna com o tamanho de 2 mm à 20 mm.

2.2. Características morfológicas dos ácaros e colêmbolos

A mesofauna do solo é constituída pelos grupos dos Acari, Collembola, e outros insetos (Hoffmann et al., 2009). E também outros grupos em menor abundância, tais como: Protura, Diplura, Formicidae e larvas e adultos de alguns Coleoptera e Diptera. Os ácaros (Acari) e colêmbolos (Collembola) estão entre os artrópodes de solo mais abundantes no solo (Bedano et al., 2011). Os mais numerosos da classe Acari são os oribatídeos, que juntamente com os colêmbolos, constituem de 72 a 97% do número de indivíduos da fauna total de artrópodes edáficos (Singh & Pillai, 1975).

O grupo dos ácaros, pertencem ao Filo Arthropoda, Subfilo Chelicerata, Classe Arachnida e subclasse Acari (Mineiro & Moraes, 2001; Moraes & Flechtmann 2008). Até o momento se estima que a diversidade de ácaros varie de quinhentos mil a um milhão de espécies (Krantz & Walter, 2009). Dentre as variadas espécies, esta a diversidade na estrutura fundamental do exoesqueleto, como por exemplo a ordem dos Mesostigmata e Criptostigmatas que possuem placas duras e protetoras que envolvem o corpo. O mesmo não são observados nos ácaros pertencentes as ordens dos Trobidiformes e Astigmata, apresentando uma cutícula elástica.

De acordo com Zhang (2003) e Krantz & Walter, (2009) a morfologia externa dos ácaros compreendem: ausência de cabeça, corpo dividido em Gnatossoma (compreendendo a parte anterior com a presença das peças bucais) e o Idiossoma (parte posterior onde esta localizada a massa nervosa central). Sobre a cavidade oral, encontra-se um par de quelíceras, geralmente trisegmentadas, e com presença de órgãos preensores. No caso dos ácaros predadores esta na forma de órgãos raptorais modificados, já para os ácaros

fitófagos é comum a redução do dígito fixo e o desenvolvimento uma estrutura estiliformes penetrante. Dentro do Idiossoma encontra-se o propodosoma, onde se localizam os olhos (que podem ser dorsais ou dorso-laterais) e, também, encontra-se um tubo utilizado para levar o alimento até o esôfago. No Idiossoma estão localizados 4 pares de pernas, presentes no estágio adulto exceto nos ácaros da família Eriophyidae, que apresentam apenas 2 pares de pernas em todo ciclo de vida. A perna dos ácaros é formada basicamente de 6 segmentos: Coxa, trocanter, fêmur, genu, tíbia e tarso.

Os colêmbolos pertencem ao Filo Arthropoda, Superclasse Hexapoda, Classe Entognatha e Ordem Collembola (Ruppert & Barnes, 2005). Até o momento já foram descritas cerca de 8.000 espécies em todo o mundo (Bellinger et al., 2014). Os colêmbolos são divididos para aplicação da taxonomia em duas formas corporais: corpo alongado compreendendo as superfamílias Poduroidea e Entomobryoidea (ARTHROPLEONA), com segmentos visíveis, ou globular no caso das ordens NEELIPLEONA ou SYMPHYPLEONA, com os segmentos pouco visíveis (Hopkin, 2007).

As espécies de colêmbolos também podem ser classificadas de acordo com a seu habitat, como os edáficos (solos minerais subjacentes), hemiedáficos (camada orgânico) e atmobiótico (plantas, musgos, troncos e rochas) (Gisin, 1943). Os colêmbolos estão entre os mais antigos animais terrestres foram encontrados registros fósseis desde do período Devoniano, cerca de 400 milhões de anos (Bellinger et al., 2014).

Segundo Hopkin (1997) e Bellinger et al., (2014), a anatomia morfológica externa dos colêmbolos compreendem: três tagmata (cabeça, tórax e o abdômen) e um periproct terminal. Na cabeça apresentam um par de antenas (com quatro articulações) e um par de olhos, composto de no máximo oito omatídeos, com ou sem pigmentação dependendo da espécie. O aparelho bucal apresenta um par de mandíbulas e maxilas, hipofaringe e lábio bipartido. O tórax é composto de três segmentos, com um par de pernas em cada segmento. As pernas são divididas em: epicoxa, subcoxa, coxa, trocanter, fêmur, tíbia. O abdômen é dividido em cinco segmentos; no segmento anterior apresenta um tubo ventral, estrutura utilizada para fixar a um determinado objeto. No terceiro segmento abdominal tem o retináculo e no quarto segmento apresenta uma fúrcula (composta de mabibulun, dens e mucro).

2.3. Importância da mesofauna no solo

Os ácaros e colêmbolos participam e desempenham funções de renovação dos nutrientes no solo (Kautz et al., 2006). Dentre as atividades tróficas desses micro-artrópodes, destacam-se a sua contribuição significativa na regulação da população microbiana (Swift et al., 1979; Hopkin, 1997). As comunidades da mesofauna solo contêm uma grande diversidade de espécies que interagem umas com as outras e que podem ser influenciadas por condições ambientais (Wahl et al., 2012). Muitos destes organismos vivem em poucos metros quadrados de solo, que os tornam excelentes representantes das condições locais (Migliorini et al., 2004). Ou seja, as análises da densidade e diversidade da mesofauna, podem ser um excelente mecanismo para o levantamento do histórico de um determinado local que esta sendo alvo de avaliação.

2.4. Indicadores ou bioindicadores da qualidade de solo

A qualidade do solo pode ser avaliada por meio de indicadores, como os químicos, físicos, biológicos. Dependendo da escala e do objetivo da avaliação, os indicadores são classificados como mais ou menos importantes. Segundo, Doran & Zeiss (2000), os indicadores da qualidade do solo devem preencher os seguintes critérios: (a) sensibilidade às variações de manejo do solo; (b) correlação com as funções benéficas do solo; (c) serem úteis no diagnóstico das interações nos processos no ecossistema; (d) serem facilmente identificados e de simples entendimento e (e) de baixo custo operacional.

Entre os diferentes indicadores de qualidade do solo, estão os indicadores biológicos, também chamados de bioindicadores ou de bioindicação. Esse parâmetro envolve a utilização de informação contidas nas propriedades e processos biológicos no solo. Os indicadores biológicos são análises científicas relativas aos dados coletados à campo, constituem de informações ecológicas, do qual inferem sobre a qualidade ambiental referente ao local que está sob investigação (Van Straalen, 1998). Os bioindicadores representam uma abordagem ampla para avaliar e interpretar o impacto das perturbações naturais ou antrópicas no ecossistema solo (Heger et al., 2012).

Os parâmetros para avaliar a qualidade biológica do solo podem variar desde as identificações à nível de ordens, famílias e espécies para abordagens mais complexas, incluindo todas as informações de uma determinada comunidade edáfica (Bedano et al., 2011). Os bioindicadores são utilizados para avaliar desde as práticas agrícolas, como: o uso de fertilizantes, os resíduos de pesticidas, sistema de cultivo, adubação, etc., como na avaliação dos estágios de recuperação de áreas contaminadas por lixo doméstico ou industrial (Paoletti et al., 1991). Para Beare et al., (1997), a relação entre a biodiversidade do solo e função no ecossistema têm geralmente tomada duas visões. Sendo a primeira visão assume um alto grau de redundância funcional, que contribuem pouco para a nossa compreensão do ecossistema. E a segunda visão, salienta a importância de conservar os organismos “pedra fundamental”.

2.5. Potencial bioindicador dos ácaros e colêmbolos

Os bioindicadores ou indicadores biológicos, representados pelos grupos de ácaros e colêmbolos, desempenham um papel particularmente importante para a determinação da estrutura e função do sistema solo. A importância destes grupos para as avaliações das alterações no solo são bastantes preconizadas em diversos estudos (Heid et al., 2012; Krivtsov et al., 2003; Santorufo et al., 2012; Skubała & Zaleski, 2012).

Segundo Bedano et al., (2011), outras características que qualificam os ácaros e colêmbolos como bioindicadores, está além das suas relações com as alterações no solo, está também na abundância, na riqueza de espécies e na quase onipresença nos solos. As variações nas comunidades da mesofauna refletem as alterações na vegetação e condições da qualidade biológica do solo (Chagnon et al., 2000; Ponge, 1993). O potencial bioindicadores dos micro-artrópodes para fins de monitoramento e conservação ambiental tem sido investigado (Migliorini et al., 2004). Principalmente para estimar o impacto de vários distúrbios, como: alterações em áreas nativas, o uso de inseticidas, sistema de manejo, etc. (Schowalter et al., 2003).

Os ácaros e colêmbolos podem responder às diferentes variáveis ambientais, através das alterações na sua densidade, abundância e diversidade de espécies, indicando o grau de estresse ambiental (Van Straalen,

1998). Entretanto, a forma de responder às alterações são diferentes, os ácaros oribatídeos são lentos, considerados *K*-estrategistas (Walter & Proctor, 2013) já os colêmbolos são geralmente classificados como *r*-estrategistas (Petersen, 2002), com resposta mais rápidas para as alterações ambientais. A sensibilidade de resposta dos grupos da mesofauna edáfica é diferente, dependendo das formas e intensidade das alterações que se quer avaliar. Gisin, (1943), identificou e classificou a sensibilidade de algumas espécies de colêmbolos a determinados ambientes, classificando, como: xerófila, hidrófila, acidófila. Nos ácaros, este efeito foi verificado nos oribatídeos em relação ao pH do solo, a menor abundância foi em solo com o pH mais ácido (Van Straalen, 1998).

Apesar dos esforços para desenvolver sistemas de indicadores biológicos ao longo da última década, ainda há uma lacuna considerável, entre a utilização generalizada e a necessidade de desenvolver sistemas de monitoramento comuns dentro e entre habitats (Feld et al., 2009). Outra dificuldade está na grande diversidade de espécies, onde muitas dessas ainda não foram descritas, e pouco se sabe sobre seus papéis ecológicos e suas respostas diante as alterações no solo. Segundo Chagnon et al., (2000), em qualquer tipo de avaliação e monitoramento ambiental é inviável sem uma investigação preparatória mais abrangente das estruturas das comunidades e da ecologia das espécies envolvidas. No entanto, um dos maiores desafios para os cientistas é distinguir mudanças "verdadeiras" na qualidade biológica do solo, daquilo que foi gerado "naturalmente" pela heterogeneidade do ambiente. Mas, este tipo estudo mostra como os organismos edáficos podem fornecer informações valiosas sobre o estado e funcionamento de um solo.

Entre os diversos propósitos envolvidos nos processos de uso e aplicação de bioindicadores, estão: a avaliação do solo que compreende os sistemas de manejo e cultivo; e o monitoramento dos efeitos tóxicos de xenobióticos, conduzidos em testes ecotoxicológicos. As contribuições dessas abordagens trazem novas percepções sobre o desenvolvimento e aplicação de bioindicadores de forma a melhorar nossa compreensão atual do ecossistemas do solo. O compreensão dos mecanismos que compreendem o estudo com bioindicadores abrangem uma perspectiva multidisciplinar, envolvendo ramos desde a ecologia, a biologia e a agronomia, etc. A avaliação da qualidade

biológica do solo é fundamental para a determinação da sustentabilidade dos sistemas de manejo utilizados. A determinação de ácaros e colêmbolos se faz necessária para possibilitar a identificação e de monitorar as mudanças na qualidade ambiental, auxiliar e incentivar o uso de praticas agrícolas mais conservacionistas e de proteção ambiental.

2.5.1. Sistemas de manejo do solo

Atualmente têm surgido diversos trabalhos abordando o tema bioindicador, que relaciona a mesofauna com os sistemas de manejo do solo (Fox et al., 1999; Ponge et al., 2003; Postma-Blaauw et al., 2010; José et al., 2013). Em solos agricultáveis, os sistemas de manejo influenciam na oferta de alimentos para os ácaros e colêmbolos, através da entrada de resíduos orgânicos, procedentes de adubações orgânicas e restos vegetais (Kautz et al., 2006). Alguns sistemas plantio, como os monocultivos em geral, fornecem um único tipo de substrato alimentar, que propiciam o desenvolvimento de determinados grupos faunísticos em relação aos demais (Barreta et al., 2003; Assad, 1997).

A interação entre a diversidade de ácaros e colêmbolos em áreas agrícolas sob diferentes sistemas de manejo pode ser influenciada por fatores diretos, como a desestruturação do habitat, e indireto, através de alterações nas fontes de alimentação, entre outros mecanismos. O uso de diferentes coberturas vegetais e práticas agrícolas pode influenciar na diversidade da biota do solo, uma vez que esta depende de diversos fatores, como, a quantidade, o tipo e a permanência de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo. O sistema de manejo incorreto com equipamentos agrícola ocasiona a compactação solo, principalmente na camada superficial (Campos et al., 2005). A compactação do solo reduz o tamanho dos poros do solo, alterando e causando a diminuição de espécies de micro-artrópodes edáficos. Segundo, Larsen et al., (2004), os colêmbolos, em geral, não são capazes de construir seu próprio espaço e são inteiramente dependentes poros do solo. Estudo conduzido por Haarløv, (1960), relacionou o tamanho dos micro-artrópodes com o diâmetro dos poros, onde poros menores apresentaram grupos de micro-artrópodes com tamanhos reduzidos. O entendimento dos diversos impactos da intensificação agrícola sobre a comunidade da mesofauna do solo

é útil, desde de que vise preservar a diversidade biológica em solos agrícolas (Postma-Blaauw et al., 2010).

Os processos de cultivo agrícolas, envolvem a aplicação de pesticidas, fertilizantes e outros resíduos orgânicos, que em alguns casos causam alteração na biota do solo (Araújo & Monteiro, 2007). A percepção das influências da agricultura sobre a abundância e diversidade da mesofauna edáfica é importante para o desenvolvimento de práticas agrícolas que sejam mais conservacionistas (Rebek et al. (2002). Da mesma forma que as alterações decorrentes da presença de poluentes afetam a diversidade dos ácaros e colêmbolos, as avaliações desses, por uma vez, podem diagnosticar as alterações ecotoxicológicas no solo.

A ecotoxicologia tem como propósito avaliar as formas e graus de contaminações no solo, sendo esses poluentes naturais ou sintéticos, produzidos pelas atividades humanas, e identificar as formas e os efeitos que provocam as alterações na biodiversidade (Ramade, 1977). O uso de testes ecotoxicológicos vem ganhando força principalmente na Europa, depois da Diretiva do Conselho Europeu 91/689/EEC (European Community, 1991), que incluiu os critérios que devem ser considerados na caracterização de resíduos no meio ambiente. No Brasil, não há exigência por parte dos órgãos ambientais para a aplicação de testes ecotoxicológicos para avaliação de contaminação com organismos de solo (Bianchi et al., 2010).

No entanto, até agora, várias estratégias têm sido seguidas para avaliar o potencial prejudicial dos resíduos, sendo esses os pesticidas e os metais pesados sobre a biota do solo. Em 1999, foi criada a norma que viabiliza o uso do colêmbolo *Folsomia candida* em testes ecotoxicológicos conduzidos em laboratório em solo artificial, composto de: 10% de turfa, 70% de areia, 19% de argila e 1% carbonato de cálcio (ISO, 1999). Muitas vezes são utilizados organismos representativos das comunidades do solo para avaliar a ecotoxicidade, como por exemplo, as minhocas *Eisenia andrei* e colêmbolos *Folsomia candida* (Natal-da-Luz et al., 2011), os nematoides, os ácaros (Bruce et al., 1999; Lebrun & Straalen, 1995) e os enquitreídeos (Didden & Römbke, 2001). No Brasil, Antonioli et al., (2013), em condições de laboratório, observaram que os metais pesados Cu e Zn têm ação negativa sobre a população de colêmbolos no solo, ocasionando na redução na

densidade em relação ao controle. O uso de avaliação do potencial ecotoxicológico dos ácaros e colêmbolos podem ser uma ferramenta importante para estimar os níveis de contaminação do ecossistema solo.

Esse tipo de abordagem de ecotoxicologia tem sido restrita a testes em laboratório, havendo a necessidade de utilizar outros métodos que visam compreender as alterações nos ácaros e colêmbolos em seu habitat natural. Com base nessa situação, Rombke et al., (2006), propuseram métodos de avaliação da qualidade do solo com organismos em seu habitat, criando o ISO/DIS 23611-2: que é amostragem e extração de micro-artrópodes (ácaros e colêmbolos), cujo procedimento é coleta de solo, extração, identificação e avaliar os parâmetros, como a diversidade de espécies e a abundância.

2.6. Metodologias de avaliação dos ácaros e colêmbolos

As formas de avaliar os micro-artrópodes estão nos métodos de captura. Entre os mais antigos está o de Berlese, criado em 1905 por Berlese, (1905) e adaptado por Tullgren, (1918), que passou a ser chamado de funil de Berlese-Tullgren. Esta metodologia consiste em expor amostras de solos em condições repelentes, no caso temperatura e luminosidade, que forçam o deslocamento até o recipiente onde ocorrem a captura. Com este método são coletados os organismos epigéicos e endogéicos. Outras técnicas são armadilhas de queda, Tretzel e Pitfal, que usadas para capturar invertebrados presentes na camada superficial. Esse método consiste de um frasco de vidro ou plástico, colocado em um buraco e a borda do recipiente é nivelado com a superfície do solo. E no interior do frasco são adicionados álcool 70%, ou o etileno glicol, entre outras substâncias, com a finalidade preservar os capturados até as análises em laboratório. Em, 2006, foi criado o provid, descrito em Antonioli et al., (2006), tendo como base a armadilha de superfície Tretzel e Pitfal (modificada), onde apresenta como propósito a coleta de artrópodes epigéicos. Esta metodologia foi considerada eficiente, prática e fácil de usar.

Atualmente várias formas têm sido aplicadas em estudos com os ácaros e colêmbolos. Entre elas, esta a análise da densidade, uma abordagem que leva em consideração o aspecto geral, tendo como base os números totais de organismos por um determinado volume de solo. Neste método, se busca

examinar o efeito de uma alteração sobre as comunidades de ácaros e colêmbolos. As avaliações são conduzidas em uma área “alvo”, através de análises por um curto período, com técnicas de coleta pontuais, ou ao longo do tempo, chamando-se de monitoramento. O tempo e o período que serão avaliada uma determinada área depende do objetivo proposto de cada estudo.

Outro fator, que deve ser levado em consideração quando se executa um trabalho com ácaros e colêmbolos é na observação dos fatores abióticos, com a temperatura e a precipitação. Segundo Malmström (2008), a abundância de micro-artrópodes edáficos, variam dependendo da umidade relativa e da temperatura, que têm influência sobre as diferentes fases da vida, como a reprodução. Também devem ser observadas as características químicas do solo de cada área que está sendo monitorada as comunidades de ácaros e colêmbolos. As características químicas e físicas do solo afetam a presença e densidade e diversidade dos micro-artrópodes (Kim & Jung, 2008).

No uso de ácaros e colêmbolos para avaliar a qualidade biológica do solo é importante a classificação taxonômica correta, facilitando a interpretação de quais são os táxons que estão sendo influenciados pelas alterações. Não se pode deixar de levar em consideração que determinadas espécies podem ter comportamento biológico diferente, mesmo pertencente a mesma família. Outro fator, no estudo de bioindicadores, está no levantamento das comunidades nativas da região (áreas de mata nativa, campo nativo, etc.). Esta é uma importante informação sobre a diversidade do local sem interferência antrópica.

Também é importante aplicação de cálculos ecológicos que envolve estudo da diversidade, como: os índices de diversidade de Shannon, dominância, equitabilidade, entre outros. Esse tipo de abordagem pode fornecer informações que nos auxiliam nos diagnósticos das alterações nas populações de micro-artrópodes edáficos. O estudo das causas e dos efeitos das alterações na biodiversidade, exige medidas adequadas dos índices de diversidade e riqueza de espécies, em primeiro lugar é o número de uma espécie em uma comunidade, enquanto o último é a frequência relativa de espécies diferentes (Keylock, 2005). Os índices de diversidades são usados para diagnosticar o quanto a estrutura das comunidade de ácaros e colêmbolos foram alteradas. O índice de dominância expressa a relação entre o número de organismos de uma determinada espécie e o número total de indivíduos

capturados que compreendendo a distribuição de uma comunidade (Lepš et al., 2006). O índice de dominância fornece um valor referente aos efeitos das degenerações nas comunidades e qual é a família ou espécie de ácaros e colêmbolos apresenta a maior abundância em relação as demais. Pelo índice de equitabilidade, como o próprio nome menciona, podemos verificar como está a homogeneidade da distribuição das espécies analisadas. Novos índices têm sido desenvolvidos e aprimorados, como a índice de atividade funcional ou características funcionais, que são baseados nas observações das formas corporais, que são atribuídos valores semi-quantitativos. Essa forma metodológica foi publicada por Vandewalle et al., (2010), onde são atribuídos os valores para fúrcula, presença ou ausência de pigmentação, antenas e pelos.

Os métodos estatísticos como as técnicas de análise multivariada, também auxiliam nas pesquisas com bioindicadores da qualidade biológica do solo. O uso de análise multivariada tem aumentado, motivando a sua ampla utilização por parte dos pesquisadores, fazendo com que aprimorem seus conhecimentos das suas aplicações e limitações (Coimbra et al., 2007). Entre as utilizadas está a análise de componentes principais, e atualmente tem sido inserido também o diagrama da curva de resposta principais (CRP). A curva de resposta principais CRP, muitas vezes resulta em diagramas que permitem uma fácil interpretação das mudanças ocorrida na biota do solo em cada tratamento ao longo do tempo (Brink & Braak, 1999).

Em uma forma de melhorar a interpretação das informações no estudo com bioindicadores, têm sido desenvolvidos estudos em condições de laboratório trazendo um novo conceito de uso e aplicação dos ácaros e colêmbolos. Esta metodologia busca compreender e controlar os fatores que possam estar interferindo nas interpretações dos resultados. Uma das técnicas é o uso de “*Terrestrial model ecosystems (TMEs)*”, que são modelos definidos como sistemas controlados, reprodutíveis e que tentam simular os processos e as interações dos componentes de uma porção do ambiente solo (Sheppard, 1997). Os TMEs, são uma metodologia que consiste no uso de tubos de polietileno de alta densidade (40 cm de comprimento, 17,5 cm de diâmetro), sob condições controladas de luminosidade, temperatura e umidade (Bernhard et al., 2004). Outro método de laboratório é “*Avoidance*”, que é o

estudo do comportamento biológico dos organismos edáficos em relação a capacidade de fuga e de evitar amostras de solos com concentrações de um determinado contaminante. Neste caso, são testados diversas concentrações de poluentes e avaliados, quanto a ausência dos efeitos, a tolerância, a fuga e de morte dos organismos.

Os variados métodos de estudo de ácaros e colêmbolos podem trazer informações importantes sobre a diversidade edáfica. Esses podem ser usados separados ou em conjunto de forma essencial para o estudo biológico de cada espécie. Os estudos a campo e de laboratório trazem contribuições fundamentais para a aplicação dos ácaros e colêmbolos no monitoramento da qualidade biológica do solo. Todos os métodos apresentam suas limitações e suas vantagens nos diagnósticos para estudo dos micro-artrópodes. As interações dos micro-artrópodes com o ecossistema é muito complexa, onde os estudos a campo são considerados como ponto de partida para obter informações para a realização de estudos em ambientes controlados.

2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIOLLI, Z. I. et al. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, p. 992 – 998, 2013.

ANTONIOLLI, Z. I. et al. Métodos Alternativos para estudar a fauna do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407–417, 2006.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, p. 66–75, 2007.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T. ; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa, p. 363 – 443, 1997.

BEARE, M. . H. et al. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of decomposer biota. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 87–108, 1997.

BEDANO, J. C.; DOMÍNGUEZ, A.; AROLFO, R. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 117, p. 55–60, 2011.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola**. Disponível em: < <http://www.collembola.org>>. Acesso em: 02 jan. 2014.

BERNHARD, F. et al. Ring-testing and Field-validation of a Terrestrial Model Ecosystem (TME) – An Instrument for Testing Potentially Harmful Substances: Effects of Carbendazim on Organic Matter Breakdown and Soil Fauna Feeding Activity. **Ecotoxicology**, London, v. 13, p. 129–141, 2004.

BIANCHI, M. de O. et al. **Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. 32 p.

(Embrapa Agrobiologia Série Doc. 266).

BRINK, P. J. V. D.; BRAAK, C. J. F. T. Principal response curves: analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 18, n. 2, p. 138–148, 1999.

BRUCE, L. et al. The effect of sewage sludge on grassland euedaphic and hemiedaphic collembolan populations. **Pedobiologia**, Jena, v. 43, p. 209 – 220, 1999.

CAMPOS, B. C. de et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

CHAGNON, M.; HÉBERT, C.; PARÉ, D. Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to humus type and seasonal trends. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, n. 2, p. 148–174, 2000.

COIMBRA, J. L. M. et al. Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes multivariados e análise canônica discriminante. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 313, p. 271 – 277, 2007.

CORREIA, M. E. F. Relações entre a Diversidade da Fauna de Solo e o Processo de Decomposição e seus Reflexos sobre a Estabilidade dos Ecossistemas. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2002. (Documentos, v. 156).

CORREIRA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.); **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis. 1999, p.197 – 225.

DIDDEN, W.; RÖMBKE, J. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. **Ecotoxicology and environmental safety**, New York, v. 50, n. 1, p. 25–43, 2001.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 3–11, 2000.

EUROPEAN COMMUNITY, 1991. Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste. **Official Journal of the European Communities**, Luxembourg, L. Legis, n. 377, p. 0020–0027 [31/12/1991], 1991.

FELD, C. K. et al. Indicators of biodiversity and ecosystem services: a synthesis across ecosystems and spatial scales. **Oikos**, Copenhagen, v. 118, n. 12, p. 1862–1871, 2009.

FOX, C. A. et al. The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till and conventional continuous corn on a clay loam soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, p. 1 – 8, 1999.

GISIN, H. Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. **Revue Suisse de Zoologie**, Geneve, v. 50, n. 1943, p. 131 – 224, 1943.

HAARLØV, N. Microarthropods from Danish Soils. Copenhagen: **Oikos**, 1960.

HAVLICEK, E. Soil biodiversity and bioindication: From complex thinking to simple acting. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 49, p. 80–84, 2012. Elsevier Masson SAS.

HEGER, T. J.; IMFELD, G.; MITCHELL, E. A. D. Special issue on “Bioindication in soil ecosystems”: Editorial note. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 49, p. 1–4, 2012.

HEID, D. M. et al. Edaphic mesofauna of land use systems in two soils in the State of Mato Grosso do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém (Pará), v. 55, n. 1, p. 17–25, 2012.

HOFFMANN, R. B. et al. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 121–125, 2009.

HOPKIN, S. P. **A key to the Collembola (Springtails) of Britain and Ireland**. Field Studies Council. 3. ed. [Telford]: FSC, 2007. 252 p.

HOPKIN, S. P. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. 1st ed. New York: Oxford University Press, 1997. 322 p.

ISO. **Soil quality - Inhibition of reproduction of Collembola (Folsomia candida) by soil pollutants. ISO 11267**. Genève, Switzerland, 1999.

JOSÉ, J. B. S.; RIEFF, G. G.; SÁ, E. L. S. Mesofauna edáfica e atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura do tabaco. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 19, p. 56–66, 2013.

KAUTZ, T.; LÓPEZ-FANDO, C.; ELLMER, F. Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long-term field experiment in Central Spain. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 278–285, 2006.

KEYLOCK, C. J. Simpson diversity and the Shannon Wiener index as special cases of a generalized entropy. **Oikos**, Copenhagen, v. 109, n. 1, p. 203–207, 2005.

KIM, J. W.; JUNG, C. Abundance of soil microarthropods associated with forest fire severity in Samcheok, Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Suwon, v. 11, n. 2, p. 77–81, 2008.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock, Texas: Tech University Press, 2009. 807 p.

KRIVTSOV, V.; ILLIAN, J. B.; LIDDELL, K.; et al. Some aspects of complex interactions involving soil mesofauna: analysis of the results from a Scottish woodland. **Ecological Modelling**, [Amsterdam], v. 170, n. 2-3, p. 441–452, 2003.

LARSEN, T.; SCHJØNNING, P.; AXELSEN, J. The impact of soil compaction on euedaphic Collembola. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 26, p. 273–281, 2004.

LEBRUN, P.; STRAALLEN, N. M. Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 19, n. 7, p. 361–379, 1995.

LEPŠ, J. et al. Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. **Preslia**, Praha, v. 78, p. 481–501, 2006.

MALMSTRÖM, A. Temperature tolerance in soil microarthropods: Simulation of forest-fire heating in the laboratory. **Pedobiologia**, Jena, v. 51, n. 5-6, p. 419–426, 2008.

MINEIRO, J. L. C.; MORAES, G. J. Gamasida (Arachnida: Acari) edáficos de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 379–385, 2001.

MOORE, J. C.; WALTER, D. E.; WILLIAM, H. Arthropod regulation of micro- and mesobiota in below-ground detrital food webs. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 33, p. 419 – 439, 1988.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. 1º ed. Ribeirão Preto:

Holos, 2008. p. 288.

NATAL-DA-LUZ, T. et al. Toxicity to *Eisenia andrei* and *Folsomia candida* of a metal mixture applied to soil directly or via an organic matrix. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 74, n. 6, p. 1715 - 1720, 2011.

PAOLETTI, M. G. et al. Invertebrates as bioindicators of soil use. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 34, p. 341–362, 1991.

PETERSEN, H. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. **Pedobiologia**, Jena, v. 46, p. 246–260, 2002.

PONGE, J. F. Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystems. **Pedobiologia**, Jena, v. 37, n. 4, p. 223–244, 1993.

PONGE, J. F. et al. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 35, p. 813 - 826, 2003.

POSTMA-BLAAUW, M. B. de et al. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. **Ecology**, Amsterdam, v. 91, n. 2, p. 460 - 73, 2010.

REBEK, E. J.; HOGG, D. B.; YOUNG, D. K. Effect of four cropping systems on the abundance and diversity of epedaphic springtails (Hexapoda: Parainsecta: Collembola) in Southern Wisconsin. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 31, n. 1, p. 37–46, 2002.

RIEFF, G. G. **Monitoramento de ácaros e colêmbolos como potenciais indicadores biológicos de qualidade do solo**. 2010. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pòs-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

ROMBKE, J. et al. Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 42, p. S61–S64, 2006.

RUPPERT, E. E.; FOX, R.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. 1168p.

SANTORUFO, L. et al. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. **Environmental Pollution**, Barking, v. 161, p. 57–63, 2012.

SCHOWALTER, T. D.; ZHANG, Y. L.; RYKKEN, J. J. Litter invertebrate responses to variable density thinning in western washington forest. **Ecological Applications**, Tempe, v. 13, p. 1204 – 1211, 2003.

SEASTEDT, T. The Role of Microarthropods in Decomposition and Mineralization Processes. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 29, n. 1, p. 25–46, 1984.

SHEPPARD, S. C. Toxicity testing using microcosms. In: TARRADELLAS, J.; BITTON, G.; ROSSEL, D. (Ed.). **Soil Ecotoxicology**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1997. p. 345 – 373.

SINGH, J.; PILLAI, K. S. A study of Soil microarthropod communities in same fields. **Revue d'écologia et de biologie du sol**, Paris, v. 12, n. 3, p. 579–590, 1975.

SKUBAŁA, P.; ZALESKI, T. Heavy metal sensitivity and bioconcentration in oribatid mites (Acari, Oribatida) Gradient study in meadow ecosystems. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 414, p. 364–372, 2012.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. 7. Ed. Oxford: Blackwell, 1979. 372 p.

TULLGREN, A. Ein sehr einfacher Ausleseapparat für terricole Tierformen.

Zeitschrift für Angewandte Entomologie, Hamburg, v. 4, n. 1, p. 149–150, 1918.

VAN STRAALLEN, N. M. et al. Metal concentrations in soil and invertebrates in the vicinity of a metallurgical factory near Tula (Russia). **Pedobiologia**, Jena, v. 45, n. 5, p. 451 – 466, 2001.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 9, p. 429–437, 1998.

VANDEWALLE, M. et al. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 19, n. 10, p. 2921 - 2947, 2010.

WAHL, J. J.; THERON, P. D.; MABOETA, M. S. Soil mesofauna as bioindicators to assess environmental disturbance at a platinum mine in South Africa. **Ecotoxicology and environmental safety**, New York, v. 86, p. 250–260, 2012.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. **Mites: ecology, evolution & behaviour**. 2. ed. Sydney: Springer, 2013. 494 p.

WRIGHT, C. J.; COLEMAN, D. C. Cross-site comparison of soil microbial biomass, soil nutrient status, and nematode trophic groups. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, p. 2 –23, 2000.

ZHANG, Z. **Mites of greenhouses: identification, biology and control**. 1º ed. Auckland, New Zealand.: CABI, 2003. 244 p.

ZILLI, J. É. et al. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, set./dez. 2003.

3. CAPÍTULO II - ATIVIDADE DOS MICRO-ARTRÓPODES EDÁFICOS: POTENCIAL BIOINDICADOR EM ÁREAS DE TABACO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJOS

3.1. INTRODUÇÃO

Os ácaros e colêmbolos (micro-artrópodes edáficos) estão entre os componentes principais da mesofauna, com um tamanho corporal médio de 2 mm de comprimento. Esses organismos desempenham um papel crucial nos processos de mineralização e humificação dos compostos orgânicos (Eitminavičiūtė et al., 2008). A mesofauna do solo responde a muitas variáveis ambientais, através das variações nas densidades e nas alterações das estruturas da comunidade e, em razão disso, podem indicar estresses ambientais (Van Straalen, 1998).

Esse micro-artrópodes edáficos estão relacionados de maneira direta ou indiretamente a fatores complexos diante as alterações no solo (Van Straalen, 1998). De acordo com Bedano et al., (2011) outra característica dos ácaros e colêmbolos que os qualificam como bioindicadores, está na sua ampla abundância e riqueza de espécies no solo. Os ácaros e colêmbolos têm sido utilizados em estudos de monitoramento das atividades relacionadas aos sistemas de manejos do solo (Garrett et al., 2001; Rieff, 2010; José et al., 2013).

Uma das principais atividades agrícolas ligadas às pequenas propriedades é a fumicultura, realizada em áreas de ocorrência de solos pedogeneticamente jovens e em relevos geralmente acidentados (José et al., 2013). O cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tem aumentado, tornando o

Brasil em 2012, o líder mundial em exportações pela 20^o vez, com mais de 638 mil toneladas, totalizando mais de R\$ 6,5 bilhões (Sinditabaco, 2014).

Entre as principais técnicas utilizadas para o cultivo do tabaco é o sistema convencional de preparo do solo, o que expõe o solo aos efeitos da erosão e as alterações ambientais (Merten & Minella, 2003). Estes sistemas agrícolas geralmente usam de modelo de produção baseado na monocultura e no uso intensivo de insumos químicos, que resultam em desequilíbrios biológicos e contaminação ambiental. Compreender o impacto sobre a biodiversidade, ocasionado pelas práticas de uso da terra em escalas espaciais e temporais são essenciais para o desenvolvimento e implementação de medidas eficazes para preservar a biodiversidade (Sousa et al., 2006). De acordo com Drescher et al., (2011), juntamente com a questão da sustentabilidade ambiental existe a necessidade de informações referentes aos efeitos das práticas de manejo na fumicultura sobre a qualidade biológica do solo.

Com base nisso, a hipótese deste trabalho é que o sistema conservacionista de cultivo de tabaco mantém maior diversidade de ácaros e colêmbolos edáficos. Este estudo teve como objetivos: a) Avaliar a qualidade biológica do solo e os efeitos dos sistemas de cultivo convencional e do plantio direto de tabaco por meio do monitoramento por longa duração da população dos micro-artrópodes edáficos; b) Identificar os efeitos dos sistemas de plantio de tabaco nos índices de diversidade e c) Identificar as famílias e espécies de ácaros e colêmbolos com potencial para uso como indicadores biológicos por meio de análises multivariadas.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas propriedades de agricultura familiar, localizadas dentro da microbacia hidrográfica de Candido Brum no Município de Arvorezinha – RS. Este estudo faz parte de diversos projetos que buscam o monitoramento dos efeitos dos sistemas de cultivos de tabaco na região, financiados pelo Sinditabaco - RS. O relevo da área experimental é fortemente ondulado e a classificação do clima, segundo Köppen é Cfb, subtropical úmido com verões quentes, inverno com geadas frequentes e precipitação bem distribuída no ano, a média anual de 1.500 mm. Os solos das áreas em estudo foram classificados como Neossolo Litólico (Embrapa, 2006). Para a caracterização química foram retiradas amostras de solos na profundidade de 0 a 20 cm com auxílio de um trado. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Água e Solo da UFRGS que realizou a caracterização química (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Características químicas das amostras de solos (0 – 20 cm) das áreas estudadas localizadas na microbacia hidrográfica Candido Brum em Arvorezinha - RS.

| Áreas | pH | P | K | MO | Al +H | Al | Ca | Mg | CTC |
|----------------------|-----|--------------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|------|
| | | mg/dm ³ | | % | -----cmol _c /dm ³ ----- | | | % | |
| Cultivo Convencional | 4,6 | 6,9 | 138 | 2,1 | 7,7 | 0,7 | 3,7 | 0,9 | 12,8 |
| Plantio Direto | 4,2 | 26 | 203 | 2,4 | 6,2 | 0,4 | 5,1 | 2,0 | 13,8 |
| Mata Nativa | 4,2 | 5,9 | 120 | 5,1 | 21,8 | 5,3 | 3,7 | 0,9 | 25,8 |

3.2.1. Caracterização das áreas experimentais

A experimento foi conduzido em três áreas, duas sobre sistema de cultivo de tabaco e uma sob mata nativa. A área de mata nativa (28°50'15.45" Sul e 52°12'56.53" Oeste) foi usada como referência do local de estudo, com o objetivo de fornecer informações sobre a distribuição e composição da mesofauna edáfica encontradas na região. A área de mata nativa está localizada nas proximidades da área de estudo, apresentando características de uma mata ciliar, composta principalmente de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), capororoca (*Myrsine coriacea*), angico-branco (*Acacia polyphylla*), e outras espécies da família Myrtaceae.

A área sob cultivo convencional de tabaco está localizada nas coordenadas geográficas 28°50'13.44" Sul e 52°12'37.56" Oeste e a outra, sob plantio direto nas coordenadas 28°50'13.97" Sul e 52°12'39.59" Oeste. O cultivo de tabaco nas áreas foi conduzido pelos proprietários e neste estudo buscou-se não interferir nas formas de cultivo que eles utilizam. As formas de manejo e ciclo da cultura de inverno e principalmente o cultivo do tabaco empregado pelos produtores encontra-se na tabela 3.2.

Tabela 3.2. Formas de manejos utilizados para o cultivo do tabaco na área experimental, localizada na região da Microbacia de Arvorezinha - RS.

| | Plantio Convencional - Tabaco | Plantio Direto - Tabaco |
|-----------------|--|--|
| Janeiro | Final da colheita, entretanto, representa o período pousio com a presença de talos e crescimento de plantas invasoras. | Final da colheita, entretanto, representa o período de aplicação de herbicida para as plantas invasoras e os talos são cortados para a decomposição. |
| Março | Área com adiantado crescimento de plantas invasoras e com a presença de talos de tabaco. | Talos de tabaco em estágio de decomposição e plantas daninhas secas e em decomposição cobrindo toda a superfície do solo. |
| Maiο | Aração e gradagem para a cultura de inverno. | Ausência de gradagem e de qualquer foram de revolvimento do solo. |
| Julho | Cultura de inverno, <i>Avena strigosa</i> Schreb. (aveia preta) e <i>Lolium multiflorum</i> Lam. (azevém). | Cultura de inverno, <i>Avena strigosa</i> Schreb. (aveia preta) e <i>Lolium multiflorum</i> Lam. (azevém). |
| Setembro | Aração e montagem dos camalhões para o plantio do <i>Nicotiana tabacum</i> . | Sem aração e aproveitando camalhões da cultura anterior. |
| Novembro | Plantas com cerca de 40 dias e sistema de manejo segue as recomendações de aplicações de defensivos e adubações da empresa conveniada. | Plantas com cerca de 40 dias e sistema de manejo segue as recomendações de aplicações de defensivos e adubações da empresa conveniada. |

Obs.: O manejo realizado na área sob plantio direto de tabaco consistem de remontagem dos camalhões à cada três anos, este evento foi observado apenas em setembro de 2013.

3.2.2. Coleta e preparo das amostras de solo

Neste estudo, foi construído um roteiro para as coletas, levando em consideração todos os procedimentos que envolvem o uso do solo e ciclo da cultura do tabaco. As amostragens de solo foram executadas bimestralmente,

iniciando em janeiro de 2011 e terminando em novembro de 2013, no total de 18 períodos, correspondendo à 3 ciclos da cultura do tabaco.

Primeiramente foi construído um esquema de amostragem para cada área, que consistiram de 9 pontos fixos, demarcados e georeferenciados, equidistantes em 10 metros. O esquema de amostragem foi desenhado levando-se em consideração o tamanho da área alvo, a distância entre as plantas cultivadas e a declividade do local. Os pontos de coletas nas áreas sob cultivo de tabaco foram no camalhão, distante das plantas em torno de 30 cm. No sistema de plantio direto, os camalhões estiveram presentes em todo o período, independentemente se estava sob cultivo de tabaco ou com cobertura de inverno. Já no plantio convencional, onde há o revolvimento do solo, os pontos de coleta foram re-ajustados a ciclo do tabaco. Esta adequação ocorreu pelo motivo de que os camalhões são construídos novamente a cada início do ciclo da cultura e os mesmos não são remontados exatamente nos mesmos locais anteriormente localizados.

De cada ponto foi retirada uma amostra de solo, totalizando 9 amostras por área. A amostragem consistiu em inserir no solo um cilindro metálico com 7 cm de diâmetro e 7,5 cm de altura. O cilindro apresentava uma das bordas chanfrada e com auxílio de um martelo pedológico, foi inserido cuidadosamente, evitando-se a compactação das amostras de solos. Para se evitar o efeito da serapilheira na mesofauna na mata nativa, removeram-se as folhas e resíduos orgânicos, e posteriormente retiraram-se as amostras de solo. Os cilindros foram removidos com o uso de uma enxada e envoltos cuidadosamente em filme plástico e identificados com os dados referentes ao local. Para o transporte das amostras ao Laboratório de Microbiologia do Solo, da Faculdade de Agronomia da UFRGS foram utilizadas caixas de isopor visando-se evitar perda de umidade e variações de temperatura.

3.2.3. Extração e captura de ácaros e colêmbolos edáficos

Para a captura dos espécimes da mesofauna das amostras utilizou-se o método do funil de Berlese-Tullgren adaptado. Para facilitar a retirada de um maior número de indivíduos, presentes na camada mais superficial do solo, os cilindros foram invertidos, segundo Edwards & Fletcher, (1971). Primeiramente, na base de cada cilindro foi posicionada uma rede plástica,

com tamanho de 15 x 15 cm e malha de 2 mm. Após, estas foram colocadas sobre um funil apoiado em uma base e sobre um frasco contendo 20 mL de uma solução preservante composta de álcool 70% e 1% glicerol.

Uma vez montados e devidamente identificados, os funis foram dispostos em uma estante metálica equipada com duas linhas paralelas com 6 lâmpadas de 40 W em cada prateleira. A luz e calor fornecido pelas lâmpadas foram controlados utilizando-se por um “dimmer”. Esta condição fornecida pelo lampadário extrator sobre as amostras, produz uma frente de secagem progressiva forçando o deslocamento dos organismos para o frasco coletor. As amostras permaneceram no lampadário por 7 dias com uma temperatura ajustada de cerca de 38 °C.

3.2.4. Identificação taxonômica dos grupos

Após o período de extração e captura, os espécimes foram contados em um microscópio estereoscópico (aumento de 40 vezes), separados com pincel, e colocados em lâminas de vidro para microscopia e fixados em uma gota de “meio de Hoyer” (Moraes & Flechtmann, 2008). Após, as lâminas foram identificadas com os dados do local de coleta e secadas em estufa à 40°C por quatro dias (Rieff 2010). Após, as lâminas foram visualizadas em microscópio de contraste de fase (Microscópio Olympus BX 41), onde foram observadas e registradas as características morfológicas de cada espécime.

Para a classificação das famílias de colêmbolos foram utilizadas características registradas em literatura específica (Hopkin, 1997; Azpiazu, et al., 2004; Bellinger et al., 2012). As principais características observadas foram: corpo alongado ou globular, tórax e abdômen com segmentos fundidos ou distintos, presença ou ausência de olhos (pigmentados ou sem pigmentação) e morfologia da cabeça (hipognata ou prognata). Quanto à identificação de ácaros utilizaram-se chaves taxonômicas elaboradas por Moraes & Flechtmann (2008) e Krantz & Walter (2009). As características morfológicas externas que foram observadas, foram: presença de placas protetoras no corpo, presença de quelíceras e análise de peças bucais, posição e tipo de setas, quatro pares de pernas com seis artículos (coxa, trocanter, fêmur, genu, tíbia e tarso).

Após a identificação taxonômica dos ácaros e colêmbolos, as lâminas com os espécimes identificadas foram depositadas na “Coleção de

Ácaros e Colêmbolos do Solo” do Laboratório de Microbiologia do Solo, Departamento do Solo, Faculdade de Agronomia da UFRGS.

3.2.5. Análise estatística dos dados

Os valores referentes as densidades de ácaros e colêmbolos foram submetidos a análise da normalidade da variância, usando-se os testes de Kolmogorov–Smirnof, F e de Bartlett. Os dados de contagem de ácaros e colêmbolos foram transformados usando-se a equação $\sqrt{(x+1)}$. Para comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Todas as análises de variância (ANOVA) e de correlação foram realizadas usando-se o programa Statistica 7.0 (<http://www.statsoft.com/>).

A densidade dos grupos de ácaros e de colêmbolos foram extrapoladas para números de indivíduos por metro quadrado de solo. O desenvolvimento deste cálculo tem como objetivo melhorar, se possível, os critérios de quantificação da mesofauna do solo. Para isto foi construído uma fórmula D , que corresponde aos números de indivíduos/m² de solo:

$$D = \left(\frac{M_{solo}}{A_{cilindro}} \right) * N_{organismos} \quad (3.2.6)$$

Onde, M_{solo} = corresponde a um metro quadrado de solo, $A_{cilindro}$ = área do cilindro utilizado para a coleta e $N_{organismos}$ = média de organismos encontrado por cilindro. Isto foi utilizado de acordo com o conceito de estatística ecológica, que visa determinar o tamanho das comunidades de ácaros e colêmbolos.

Foram calculados os parâmetros ecológicos: riqueza taxonômica, o índice de Dominância, de Shannon-Weaner, de Margalef e de Equitabilidade. Para este calculo utilizou-se o programa estatístico PAST (Hammer et al., 2001). A riqueza taxonômica, refere-se aos números médios de táxons diferentes encontradas nas amostras de solos. O índice de Dominância_D é obtido pela equação:

$$D = \frac{N_{max}}{N_t} \quad (3.2.7)$$

Onde, N_{max} é o número total do espécime mais abundante; N_t é o total de indivíduos encontrados na amostra. A diversidade de Shannon (H) foi obtido pela fórmula por:

$$H = - \sum \frac{n_i}{N} * \log \frac{n_i}{N} \quad (3.2.8)$$

Sendo, n_i = densidade de cada grupo e N = soma da densidade de todos os grupos. Esse índice assume valores que podem variar de 0 a 5, sendo que o declínio de seus valores caracteriza como diminuição na diversidade (Begon et al., 1996). O índice de diversidade de Margalef_M foi estimado através da seguinte equação:

$$M = \frac{(s-1)}{(\text{Log } N)} \quad (3.2.9)$$

Considerando, $s - 1$ = o número de espécimes encontrando e o $\text{Log } N$ = logaritmo (base 10 ou natural) do número total de indivíduos. Para esse índice foram considerados valores inferiores a 2 (baixa diversidade) e valores superiores a 5 (alta diversidade). A equitabilidade_J é mais comumente expressada pelo Índice de Pielou:

$$J = \frac{H_{\text{observado}}}{H_{\text{máximo}}} \quad (3.2.10)$$

Onde, o $H_{\text{máximo}}$ é a diversidade máxima possível que pode ser observada se todas os espécimes apresentarem a mesma densidade e $H_{\text{observado}}$ refere-se ao valor do índice Shannon (H) observado.

Para as análises multivariadas dos grupos de ácaros e colêmbolos foram construídos dois diagramas, referentes à análise Curva Resposta Principal – CRP, sendo um para ácaros e outro para colêmbolos. O diagrama resultante exibe uma curva para cada tratamento sob cultivo convencional e direto, os valores encontrados nas amostras da área de mata nativa foram consideradas como controle. Também foram construídos gráficos da Análise de Componentes Principais - ACP, sendo um para ácaros e outros para colêmbolos. Para as Análises de Componentes Principais – ACP e Curva Resposta Principal – CRP foi utilizado o programa estatístico CANOCO (Ter Braak & Smilauer, 1998).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Números totais de ácaros e colêmbolos

Foram registrados nas amostras de solos nos tratamentos em estudo um total de 5.578 espécimes, distribuídas em 3.405 ácaros e 2.173 colêmbolos. Neste estudo foram observadas a maior abundância de ácaros do que de colêmbolos, em todas amostras de solos nas áreas avaliadas. Em estudo conduzido por José et al., (2013) em uma área sob cultivo de tabaco também verificaram as maiores densidades de ácaros do que de colêmbolos. A abundância relativa das comunidades de ácaros, foi de 26,46% sob cultivo convencional, 33,18% em sistema de plantio direto e 40,36% no solo da mata nativa.

No monitoramento da população dos micro-artrópodes edáficos, verificaram-se os efeitos negativos do cultivo convencional na distribuição dos ácaros e colêmbolos. Nos períodos de maio a novembro de 2011, de maio a setembro de 2012 e de janeiro a maio 2013, a densidade média estimada de ácaros/m² foi menor nas amostras de solos sob cultivo convencional que nas áreas sob plantio direto e de mata nativa (Figura 3.1). O mês de maio corresponde ao período de início da preparação do solo para o cultivo de inverno e setembro para a cultura do tabaco. Essa é uma das principais diferenças entre o cultivo convencional e direto (Tabela 3.2). O revolvimento do solo pode ter sido um dos fatores que influenciou nas diferenças nos números de ácaros entre os sistema de preparo do solo.

A densidade de ácaros na área de plantio direto não diferiu dos organismos capturados nas amostras de solos da área de mata nativa nos meses de julho, setembro e novembro de 2011 e julho e setembro de 2012 e janeiro e março de 2013, o mesmo não foi observado nas amostras de cultivo convencional (Figura 3.1). Ausência de revolvimento e a presença da cobertura vegetal, condicionam uma série de características, como retenção de umidade, menor variação da temperatura e entre outros, tendo sido relacionados com a maior diversidade (Rovedder et al., 2009). Essa cobertura vegetal pode servir de proteção contra as variações da temperatura do solo, protegendo grupos de ácaros mais sensíveis a esses fatores, já que a temperatura acima de 40°C são

letais para maioria das espécies de ácaros, fato observado em um estudo conduzido em condições de laboratório (Malmström, 2008).

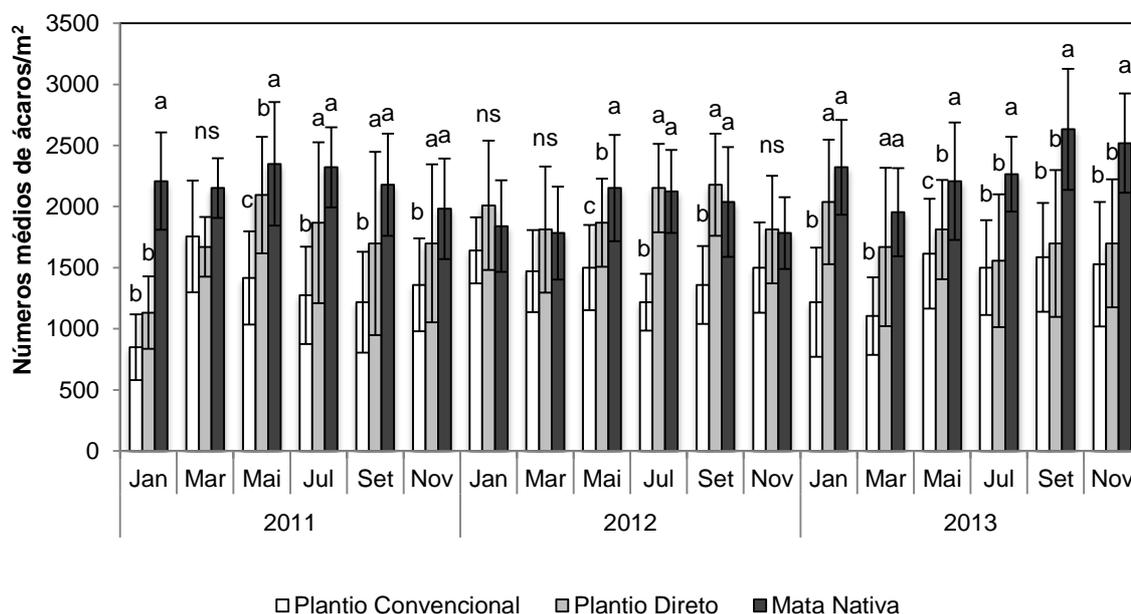


Figura 3.1. Números médios de ácaros/m² de solo capturados nas áreas sob cultivo de tabaco convencional e direto e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Arvorezinha – RS.

Os colêmbolos foram mais abundantes nas amostras da mata nativa correspondendo a 45,06% do número total, seguido de 31,96% nas amostras da área sob plantio direto e 22,98% na área sob cultivo convencional. Com base na densidade média estimada por metro quadrado de solo, foi de 1.543 ± 343 mata nativa, 1.121 ± 345 na área sob plantio direto e com 753 ± 272 sob cultivo convencional. A maior densidade de micro-artrópodes nas amostras de solo em área de mata nativa, se dá através do equilíbrio entre a renovação do habitat pela queda de folhas e da decomposição da serapilheira (Takeda, 1987).

Nos meses de julho a novembro 2011, janeiro a novembro de 2012 e janeiro a julho de 2013 as menores densidades de colêmbolos foram nas amostras de solo sob cultivo convencional do que sob plantio direto (Figura 3.2). Nos setembro e novembro de 2011 e janeiro 2013, a densidade de colêmbolos capturados nas amostras de solos sob plantio direto não diferiu da

área de mata nativa. As técnicas aplicadas para o plantio direto permitiram condições para o maior desenvolvimento dos colêmbolos, onde as densidades foram similares aos valores encontrados na mata nativa. A exceção foi em maio 2011 e setembro 2012 a densidade de colêmbolos não diferiram entre as áreas sob cultivo de tabaco (convencional e direto) e mata nativa (Figura 3.2).

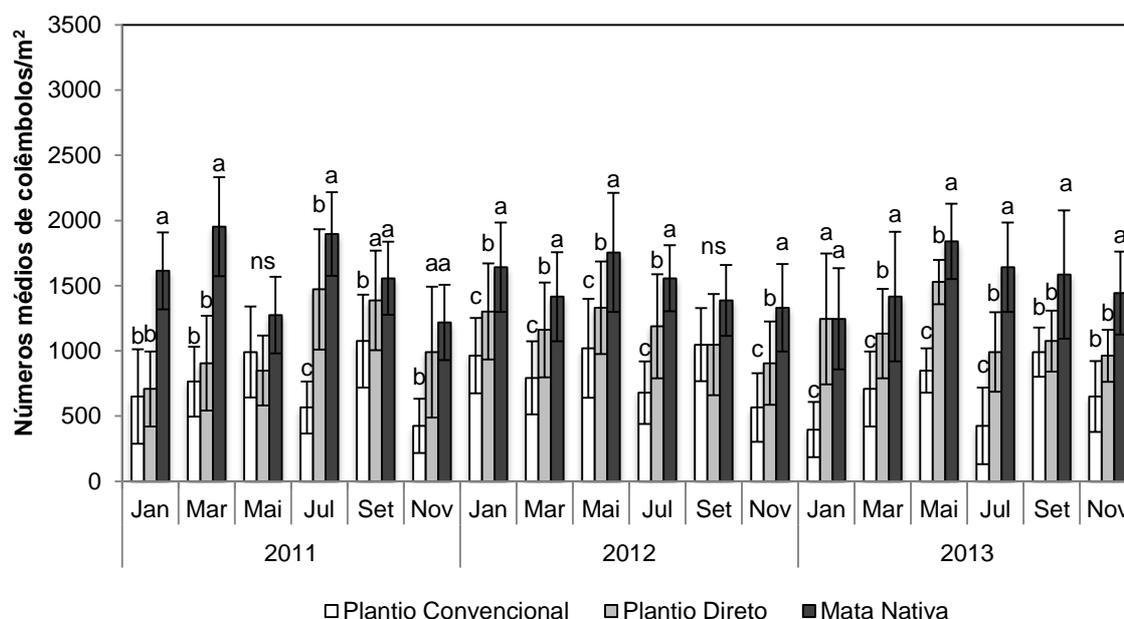


Figura 3.2. Números médios de colêmbolos/m² de solo capturados nas áreas sob cultivo de tabaco convencional e direto e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Arvorezinha – RS.

3.3.2. Identificação taxonômica dos ácaros edáficos

Foram identificadas 18 famílias e 8 gêneros de ácaros, capturaram-se no total de 887 indivíduos no solo sob cultivo convencional, 1.147 plantio direto e 1.371 na mata nativa (Tabela 3.3). Entre os ácaros mais abundantes nas amostras foram classificados como pertencentes a ordem *Oribatida*. Os oribatídeos representaram 27,96% do total de ácaros identificados, distribuídos 7,78% destes na área sob cultivo convencional, 12,22% em plantio direto e 7,96% na área de mata nativa. O ácaro do gênero *Oribatida* exibiu uma abundância média estimada de 654 ± 192 ácaros/m² de solo nas amostras de solo sob plantio direto, seguido de 431 ± 130 na mata nativa e 417 ± 107 sob plantio convencional. A densidade de oribatídeo se diferiu entre os sistemas de

cultivo convencional e plantio direto de tabaco, ANOVA, $F_{2,10} = 7,42$, $P < 0,01$ (Tabela 3.3). A abundância e a frequência de oribatídeos indicam que estes podem ser um excelente organismo para se detectar alterações no solo e podem ser usados como bioindicadores (Franklin et al., 2007).

Neste estudo de monitoramento da biota do solo em áreas de cultivo de fumo sob diferentes sistemas cultivo, os resultados mostraram as influências sobre a densidade de família e ordem de ácaros. Algumas morfo-espécies de ácaros foram mais numerosas nas amostras de solo da área de mata nativa, diferindo-se dos tratamentos sob cultivo de tabaco. Como por exemplos, a ordem dos Mesostigmata, as famílias Ologamasidae e Phithiracaridae e os gêneros *Asca*, *Neocunaxoides*, *Eupodes* e *Bimichaelia* foram mais abundantes nas amostras de solos da mata nativa (Tabela 3.3). Os Mesostigmatas são comumente encontrados no solo e serapilheira, desempenham um papel importante como predadores de outros ácaros (Krantz & Walter 2009). Em relação ao Phithiracaridae, em estudo conduzidos por Berch et al., (2007), observou a presença desta família apenas nas amostras da área de florestas e na camada serapilheira. O gênero *Eupodes* (Família Eupodidae), estão amplamente distribuídos, porém são encontrados em grandes abundância em solos de florestas (Olivier & Theron 1997). A partir dessas observações pode-se concluir que a área de mata utilizada como referencia da região apresentou características que condizem com o esperado de uma área nativa. Partindo dessa análise, as comparações entre os resultados em cada área tornam-se mais conclusivos sobre as influências de cada sistema de cultivo.

Entre os ácaros identificados, indivíduos do gênero *Asca* não foram encontrados nas amostras de solos sob plantio direto, apenas no convencional e mata nativa (Tabela 3.3). Já os ácaros da família Rhodacaridae foram mais abundantes nas amostras de solos dos tratamentos sob cultivo de tabaco, tanto no convencional como no direto. Rhodacaridae são os ácaros edáficos encontrados principalmente nos primeiros centímetros da superfície do solo (Castilho & Moraes, 2010). Neste estudo, o Rhodacaridae foi uma das famílias de ácaro que possibilitou identificar a ação antrópica no solo, já que foram encontradas em maiores quantidades sob sistemas de plantio. Esses ácaros são considerados predadores de outros micro-artrópodes, então, as alterações

no solo, pela plantio do tabaco podem estar influenciando direta ou indiretamente na densidades dos ácaros Rhodacaridae.

Tabela 3.3. Classificação taxonômica dos ácaros capturados durante o período de 2011, 2012 e 2013, nas amostras de solos sob cultivo convencional e direto de tabaco e área de mata nativa. Arvorezinha – RS.

| Famílias | Gêneros | Cultivo Conven. | | Plantio Direto | | Mata Nativa | |
|------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|-----------------|
| | | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} |
| Acaridae | <i>Rhizoglyphus</i> sp. | 73 | 4,1 ± 3,3a | 16 | 0,9 ± 1,2b | 15 | 0,8 ± 1,1b |
| Acaridae | <i>Tyrophagus</i> sp. | 14 | 0,8 ± 1,3b | 68 | 3,8 ± 2a | 58 | 3,2 ± 2,2a |
| Ascidae | <i>Asca</i> sp. | 17 | 0,9 ± 1,6b | - | - | 42 | 2,3 ± 1,9a |
| Bdellidae | | 16 | 0,9 ± 1,2b | 31 | 1,7 ± 1,4a | 37 | 2,1 ± 2,2a |
| Cunaxidae | <i>Armascirus</i> sp. | 145 | 8,1 ± 5,4a | 69 | 3,8 ± 1,9b | 60 | 3,3 ± 2,5b |
| Cunaxidae | <i>Neocunaxoides</i> sp. | 9 | 0,5 ± 1,4c | 48 | 2,7 ± 1,8b | 79 | 4,4 ± 2,4a |
| Eupodidae | <i>Eupodes</i> sp. | 23 | 1,3 ± 1,8c | 57 | 3,2 ± 2,6b | 175 | 9,7 ± 4,5a |
| Galumnidae | | 17 | 0,9 ± 1,8b | 79 | 4,4 ± 2,5a | 73 | 4,1 ± 1,9a |
| Mesostigmata | | 15 | 0,8 ± 2,8c | 27 | 1,5 ± 1,2b | 47 | 2,6 ± 3,2a |
| Ologamasidae | | 42 | 2,3 ± 2,5b | 26 | 1,4 ± 0,7c | 73 | 4,1 ± 2,4a |
| Oribatida | <i>Oribatida</i> sp. | 265 | 14,8 ± 3,8b | 416 | 23,1 ± 6,8a | 274 | 15,2 ± 4,6b |
| Pachygnathidae | <i>Bimichaelia</i> sp. | - | - | 49 | 2,7 ± 2,4b | 100 | 5,6 ± 2,7a |
| Penthalodidae | | 75 | 4,2 ± 2,2a | 34 | 1,9 ± 2,7b | 40 | 2,2 ± 2b |
| Phthiracaridae | | - | - | 2 | 0,1 ± 0b | 106 | 5,9 ± 2,5a |
| Phytoseiidae | | 26 | 1,4 ± 1,5c | 45 | 2,5 ± 1,4a | 54 | 3 ± 1,8a |
| Prostigmata | | 5 | 0,3 ± 0,9ns | 2 | 0,1 ± 0ns | 9 | 0,5 ± 1,6ns |
| Rhagidiidae | | 76 | 4,2 ± 2,9a | 47 | 2,6 ± 0,2b | 41 | 2,3 ± 1,3b |
| Rhodacaridae | | 57 | 3,2 ± 1,4a | 59 | 3,7 ± 1,8a | 30 | 1,7 ± 1,4b |
| Uropodidae | | 12 | 0,7 ± 1,2c | 72 | 4 ± 2,1a | 58 | 3,2 ± 2,6a |
| Total de ácaros | | 887 | 49,3 ± 7,6 | 1.147 | 63,7 ± 8,5 | 1.371 | 76,2 ± 8 |

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias na linha e ns = não significativo (pelo teste de Tukey, $P < 0,05$, ANOVA).

Entretanto, ácaros do gênero *Tyrophagus* e das famílias Bdellidae, Galumnidae, Phytoseiidae e Uropodidae foram mais abundantes no solo sob plantio direto e mata nativa do que cultivo convencional (Tabela 3.3). O gênero *Tyrophagus* (Família Acaridae) são ácaros fungívoros e predadores de nematoides e também sensíveis as perdas de umidade do solo, ocorrendo a inatividade funcional e muitas vezes causa à morte (Walter et al., 1986). Os ácaros da família Phytoseiidae são conhecidos como um eficiente predador de ácaros fitófagos. Esta família compõe um importante papel na cadeia alimentar, além exercer o controle natural de pragas agrícolas potenciais (Lofego & Moraes, 2006). Neste monitoramento não foi possível relacionar a presença

dessa família com as diferenças entre os sistemas de manejo, mas sim diagnosticar a importância de presença dos Phytoseiidae no controle de pragas. Outra família é o Uropodidae, que estão entre os táxons mais dependentes da disponibilidade e qualidade da matéria orgânica (Andrés, 1999). A cobertura vegetal, ausência de revolvimento, matéria orgânica, maior proteção contra perdas de umidade do solo, são os fatores que podem estar contribuindo para a presença dessas morfo-espécies de ácaros no plantio direto em relação ao convencional.

No entanto, as práticas culturais para o cultivo convencional do tabaco apresentaram maiores quantidades dos ácaros dos gêneros *Rhizoglyphus*, *Armascirus* e das famílias Penthalodidae e Rhagidiidae nas amostras de solos (Tabela 3.3). Essas famílias e gêneros foram consideradas como características da área de plantio convencional pela sua maior densidade nas amostras de solo sob esse sistema de manejo. Dentre esses gêneros e famílias com maiores densidades nas amostras de solo sob sistema convencional do que direto, as maiores diferenças foram observadas nos *Armascirus* (Tabela 3.3). Do total de 8% da abundância relativa do gênero *Armascirus* representaram nas comunidades totais de ácaros, 4,26% foram capturados nas amostras de solos do sob plantio convencional, ou seja, mais da metade. Foram capturados e identificados ácaros como pertencente ao gênero *Armascirus* uma média estimada de 228 ± 153 indivíduos/m² de solo sob cultivo convencional, 109 ± 64 no plantio direto e 94 ± 71 na mata nativa. Ácaros da gênero *Armascirus* (Família Cunaxidae), são predadores e conhecidos como ácaros que causam danos a presença de outros micro-artrópodes edáficos (Smiley, 1992). As características do sistema de manejo convencional propiciam o desenvolvimento desse ácaros que podem estar causando o declínio na densidade de outros organismos.

3.3.3. Identificação taxonômica dos colêmbolos edáficos

Foram identificadas 6 famílias de colêmbolos, no total de 2.173 indivíduos, sendo que 479 foram capturados nas amostras de solo sob cultivo convencional, 713 no plantio direto e 981 na mata nativa (Tabela 3.4). Diferente do que foi observado na distribuição dos ácaros, não foram encontradas famílias de colêmbolos com maior densidade nas amostras de solo sob sistema

de cultivo convencional (Tabela 3.4). Segundo Doles et al., (2001) os colêmbolos são influenciados pelos sistemas de manejo agrícola do solo e com maior intensidade em áreas com práticas culturais convencionais. Outro fator, está na temperatura e precipitação e teor de umidade do solo, influenciam na dinâmica, migração e reprodução dos colêmbolos (Ferguson & Joly, 2002).

Entre as famílias mais abundantes, os organismos da Entomobryidae representou 32,54% do total de colêmbolos identificados, sendo 12,15% nas amostras de solo sob mata nativa, 11,32% sob sistema de plantio direto e 9,07% no cultivo convencional de tabaco. A ampla distribuição dos colêmbolos Entomobryidae (Entomobryomorpha) é resultante de suas características morfológicas e comportamentais, importantes mecanismos de adaptação ao diferentes habitats e alterações no solo (Ribeiro-Troian et al., 2009).

Os colêmbolos representante das famílias Hypogastruridae, Onychiuridae e Poduridae foram capturados em maior densidade nas amostras de solo sob mata nativa (Tabela 3.4). Em um estudo conduzido por Rieff et al., (2010), também foram capturados as maiores densidades de Hypogastruridae na área de mata nativa. No entanto, a densidade de colêmbolos da família Hypogastruridae não se diferiu entre os tratamentos sob cultivo convencional e plantio direto de tabaco. Com base nesta observação podemos constatar que essa família de colêmbolos é típica de áreas de mata nativa. Para o diagnósticos dos efeitos de cada sistema de plantio, o Hypogastruridae, não foi possível o uso, já que ambos tratamentos sob cultivo convencional e direto apresentaram densidade semelhantes.

A densidades de colêmbolos Onychiuridae capturadas foram de 42 colêmbolos no solo sob convencional, 90 sob plantio direto e 152 sob mata nativa, diferindo-se pelo teste de Tukey 5% (Tabela 3.4). Os Onychiuridae (Collembola) alimentam-se preferencialmente de folhas em um estágio avançado de decomposição (Sadaka-Laulan & Ponge, 2000). A maior presença de material orgânico da mata nativa propiciou a presença desse colêmbolo. No entanto a cobertura vegetal presente na área sob plantio direto também influenciou na maior densidade do que nas amostra sob cultivo convencional.

Os colêmbolos pertencentes as famílias Poduridae, Entomobryidae, Isotomidae e Symphypleonidae foram capturados em maior números no solo sob plantio direto do que o convencional (Tabela 3.4). O Entomobryidae e o Isotomidae estão presentes no solo e em resíduos vegetais, localizados em microclimas úmidos em que as condições de luz permanecem relativamente constante (Bellinger et al., 2014). Isto mostra o potencial bioindicador destas famílias de colêmbolos para diagnósticos das alterações na qualidade biológica do solo proposta pelo sistema de cultivo de convencional de tabaco. Já as densidades de colêmbolos Entomobryidae, Isotomidae e Symphypleonidae nas amostras de solo sob plantio direto não se diferiram dos organismos capturadas nas área de referencia (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Classificação taxonômica das famílias de colêmbolos capturadas durante o período de 2011, 2012 e 2013, nas amostras de solos sob cultivo convencional e direto de tabaco e área de mata nativa. Arvorezinha – RS.

| Famílias | Cultivo Convencional | | Plantio Direto | | Mata Nativa | |
|----------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------|-------------------|
| | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} |
| Entomobryidae | 197 | 10,9 ± 4,5b | 246 | 13,7 ± 2,8a | 264 | 14,7 ± 3,1a |
| Hypogastruridae | 36 | 2 ± 2b | 55 | 3,1 ± 1,9b | 130 | 7,2 ± 3a |
| Isotomidae | 134 | 7,4 ± 2,4b | 176 | 9,8 ± 2,6a | 201 | 11,2 ± 3a |
| Onychiuridae | 42 | 2,3 ± 1,7c | 90 | 5 ± 2,7b | 152 | 8,4 ± 3,4a |
| Poduridae | 34 | 1,9 ± 1,9c | 64 | 3,6 ± 1,6b | 136 | 7,6 ± 2,6a |
| Symphypleonidae | 36 | 2 ± 1,6b | 82 | 4,6 ± 2,5a | 98 | 5,4 ± 2,6a |
| Total de colêmbolos | 479 | 26,6 ± 7,8 | 713 | 39,6 ± 7,7 | 981 | 54,5 ± 7,6 |

As letras diferentes indicam diferenças significativas nas médias na linha e ns = não significativo (pelo teste de Tukey, $P < 0,05$, ANOVA).

3.3.4. Índices de diversidades

Os índices de diversidades, como a Taxa_S, Dominância_D, Shannon_H, Margalef e Equitabilidade_J foram apresentados anualmente, correspondentes aos períodos de 2011, 2012 e 2013 (Tabela 3.5). Os maiores índices de diversidades foram obtidos nas análises das comunidades de ácaros e colêmbolos no solo da área de mata nativa. Essa diversidade foi expressa pelos maiores valores de riqueza de grupos taxonômicos (Taxa_S) baixos índices de Dominância_D, e maior diversidade de Shannon_H. Esse

resultado reforça o fato de que a heterogeneidade ambiental contribui para o aumento da diversidade da mesofauna edáfica (Odum & Barrett, 2007).

A Taxa_S refere-se aos números de ordens, famílias e gêneros diferentes de ácaros e colêmbolos identificadas nas amostras de solos. Os índices (Taxa_S) observados nas amostras da área sob plantio direto não diferiram da mata nativa, com exceção em 2011 (Tabela 3.5). O sistema plantio direto apresentou maior diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos do que o sistema de cultivo convencional de tabaco. A Taxa_S, integra as informações sobre os táxons que refletem as diversas respostas da mesofauna edáfica aos diferentes sistemas de manejo do solo (Bedano et al., 2011). O revolvimento pode ser uma das causas que influenciou as diferenças entre os sistemas de cultivos, já que esse método pode expor organismos hemigêicos à superfície do solo, sendo esses mais sensíveis às alterações no habitat.

Entretanto, os valores dos índices de Dominância_D diferiram os tratamentos sob cultivo de tabaco da área de mata nativa (Tabela 3.5). Em relação ao índice de Shannon_H, o sistema de plantio direto apresentou maior diversidade de organismos edáficos do que o sistema convencional de tabaco. Não foram observadas diferenças estatísticas no índice de Shannon_H nas áreas de plantio direto e mata nativa, média comparadas pelo teste *t*, de Student, $P < 0,05$. O sistema de plantio direto cria um ambiente de solo relativamente mais estável evitando as variações na temperatura e na umidade, propiciando desenvolvimento de uma comunidade edáfica mais diversa (Hendrix et al., 1990). O mesmo não foi observado no índice de diversidade de Shannon_H das comunidades de ácaros e colêmbolos sob sistema de cultivo convencional que apresentaram baixa diversidade (Tabela 3.5). Então, as condições do sistema de plantio direto de tabaco foram mais propícias para o desenvolvimento de uma mesofauna mais diversa, que o cultivo convencional.

Para o índice de Margalef foram considerados valores inferiores a 2,0, como baixa diversidade e superiores a 5,0, como de alta diversidade. O índice de Margalef leva em consideração o número de representantes de cada família ou ordem em relação aos números totais. Os índices de Margalef, obtidos a partir dos ácaros e colêmbolos capturados nas amostras de solos sob

cultivo convencional, foram classificados como de médio a baixo, com os valores de 2,85 em 2012 e 2,96 em 2013, com exceção em 2011 (Tabela 3.5).

Tabela 3.5. Índices ecológicos relativos à abundância média anual de ácaros e colêmbolos capturados nas áreas sob cultivo de tabaco sob plantio direto (PD) e plantio convencional (PC) e área de mata nativa (MN). Arvorezinha – RS.

| | 2011 | | | 2012 | | | 2013 | | |
|------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | PC | PD | MN | PC | PD | MT | PC | PD | MN |
| Taxa_S | 14,33* | 16,83* | 20,17 | 13,5* | 18,17 | 20,67 | 13,67* | 19,83 | 23,83 |
| Indivíduos | 72,67* | 97* | 133,67 | 81* | 110,5 | 122,5 | 74* | 102,5* | 135,83 |
| Dominância_D | 0,11* | 0,1* | 0,08 | 0,12* | 0,11* | 0,07 | 0,12* | 0,10* | 0,06 |
| Shannon_H | 2,4* | 2,52 | 2,75 | 2,32* | 2,54 | 2,79 | 2,34* | 2,62 | 2,94 |
| Margalef | 3,12* | 3,48 | 3,92 | 2,85* | 3,65 | 4,1 | 2,96* | 4,077 | 4,65 |
| Equitabilidade_J | 0,9 | 0,89 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,92 | 0,9 | 0,88 | 0,93 |

* Referem-se as comparações na linha em cada ano que caracteriza que os valores são estatisticamente diferentes a partir dos dados das amostras de solos da área de mata nativa (*teste t, de Student, p < 0,05.*)

As morfo-espécies de ácaros e colêmbolos nas amostras de solo sob plantio direto e mata nativa, foram classificadas pelo índice de Margalef como diversidade de média a alta. Silva et al., (2011) também encontraram maior índice em área de mata nativa, com valores superiores a 3,16. Com relação à uniformidade, índice de Equitabilidade_J, não observou-se diferenças entre os valores referentes as comunidades de ácaros e colêmbolos capturados nas áreas estudadas. Em estudo com as comunidade da biota do solo, em uma área sob cultivo de eucalipto, pinus e mata nativa, Silva et al., (2011) também não observaram diferenças entre as comunidades pelos testes de uniformidade da distribuição dos grupos (índice de Equitabilidade_J).

3.3.5. Curvas de respostas principais (CRP)

A variabilidade da distribuição dos táxons dos ácaros em relação do tempo x tratamentos foi explicada em 49,3%, e foi significativa ($P < 0,05$). A partir deste diagrama de CRP, observou-se a influência de cada sistema de cultivo nas morfo-espécies de ácaros. A curva de resposta principal (CRP) é modelo estatístico importante para analisar dados multivariados resultantes de experimentos envolvendo amostragem repetida ao longo do tempo (Brink &

Braak 1999). A densidade de ácaros foi mais influenciada pelo sistema de plantio convencional, apresentando índices negativos em todo período amostral (Figura 3.3).

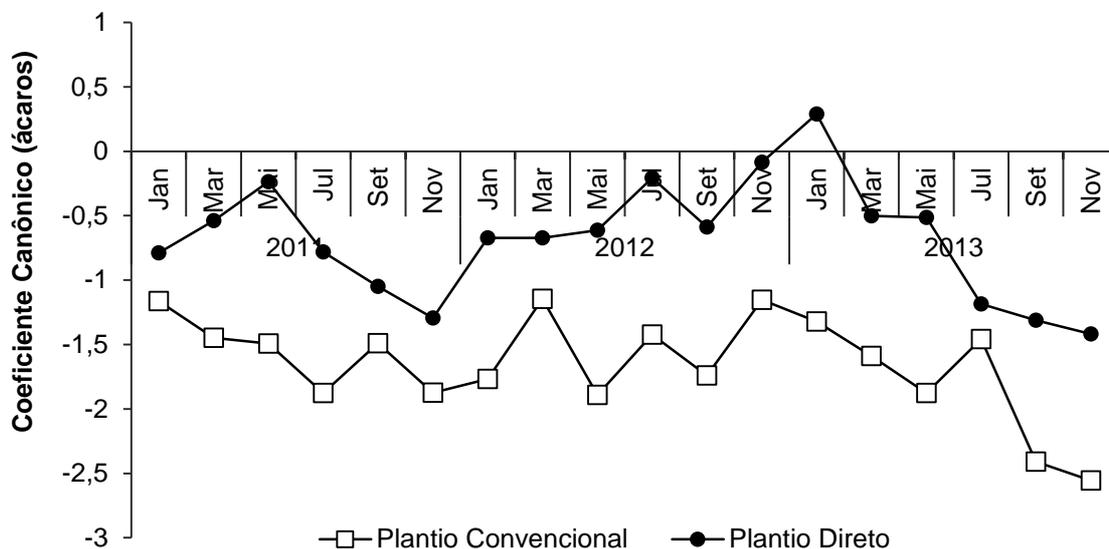


Figura 3.3. Curvas de resposta principal (CRP) para as densidades de de ácaros. Diagrama de CRP, mostrando os efeitos dos sistemas de manejo do tabaco ao longo das avaliações. Arvorezinha – RS.

A variabilidade da distribuição dos grupos dos colêmbolos em relação do tempo x tratamentos foi explicada em 50,3%. O sistema de plantio convencional apresentou os menores valores de coeficientes canônicos em relação ao direto. Quanto aos grupos de colêmbolos, nenhum tratamento sob sistema de cultivo de tabaco, apresentou valores superiores aos referentes aos micro-artrópodes capturados na mata nativa (Figura 3.4). O coeficiente canônico, obtido pela distribuição dos colêmbolos, foi negativo para os sistemas de cultivo convencional e plantio direto de tabaco, mostrando a influência do manejo no desenvolvimento desses grupos de micro-artrópodes no solo.

As diferenças entre as análises de curva de resposta principais entre os colêmbolos os ácaros podem estar relacionado com a estrutural corporal desses micro-artrópodes. Os ácaros apresentam características morfológicas, como a escudo rígidos, presença do exoesqueleto, conferindo como proteção

contra perda de água (Krantz & Walter, 2009). Entretanto os colêmbolos, possuem antenas, algumas espécies sem pigmentação e são sensíveis a perda de umidade do solo (Hopkin, 1997). Estes podem ter sido os fatores que influenciaram nos resultados, observando-se de forma mais intensa os efeitos nas comunidade de colêmbolos capturados nas amostras de solo sob sistemas de cultivo convencional.

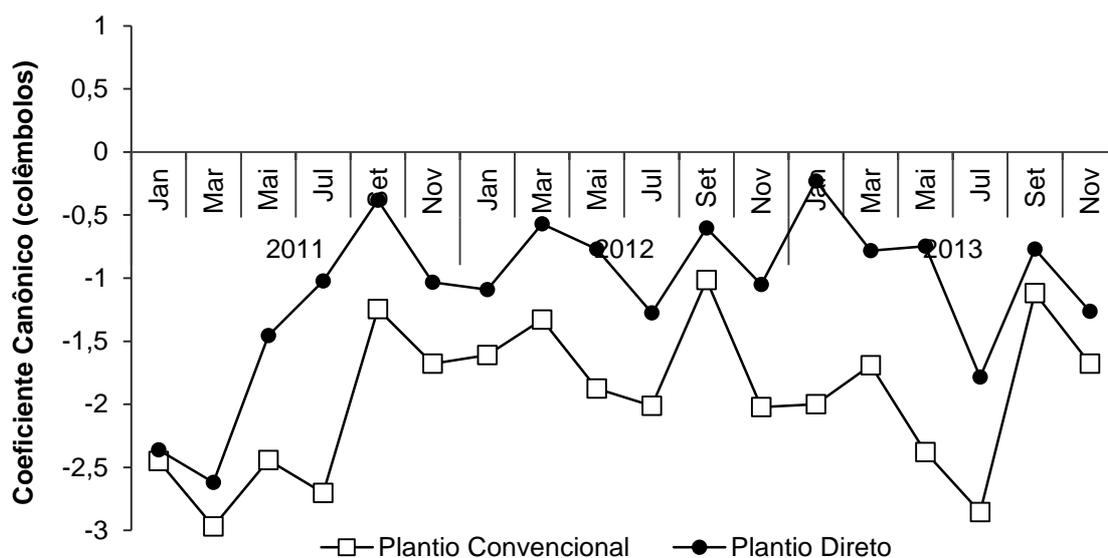


Figura 3.4. Curvas de resposta principal (CRP) para as densidades de colêmbolos. Diagrama de CRP, mostrando os efeitos dos sistemas de manejo do tabaco ao longo das avaliações. Arvorezinha – RS.

3.3.6. Diagrama de CRP: distribuições dos ácaros e colêmbolos

Os ácaros que mais influenciaram nos resultados obtidos no CRP (Figura 3.3), foram os organismos pertencentes aos táxons *Eupodes*, *Bimichaelia*, Phthiracaridae, *Tyrophagus*, *Armascirus* e *Oribatida* (Figura 3.5A). Pelo coeficiente canônico, foi possível diagnosticar que esses grupos taxonômicos de ácaros, foram que mais contribuíram para as diferenças dos sistemas de cultivo em relação a mata nativa. Os indivíduos do gênero *Eupodes* se alimenta de fungos e são predadores de nematóides presentes no solo (Crossley Jr., 1992). O gênero *Bimichaelia* estão presentes nas camadas orgânicas e superficiais do solo (Ducarme et al., 2004). O revolvimento do solo no caso do cultivo convencional pode estar afetando diretamente ou

indiretamente nas fontes de alimentos, abrigo e alterações as condições ideias para o desenvolvido de determinados ácaros.

Os ácaros oribatídeos estão entre os organismos relacionados com as alterações no solo pelo sistema de manejo convencional. Mas nas avaliações na distribuição apresentado pelo diagrama de CRP, verificou-se que outros gêneros de ácaros apresentaram maior destaque para este tipo de avaliação. No entanto é bom frisar, que capturaram-se maiores densidades de oribatídeos nas amostras de solos sob plantio direto em relação a mata nativa (Tabela 3.2). Como a verificação da distribuição dos táxons é realizado com base na variação das morfo-espécies obtidos na mata nativa, este foi um dos fatores que influenciou no baixo valor dos oribatídeos.

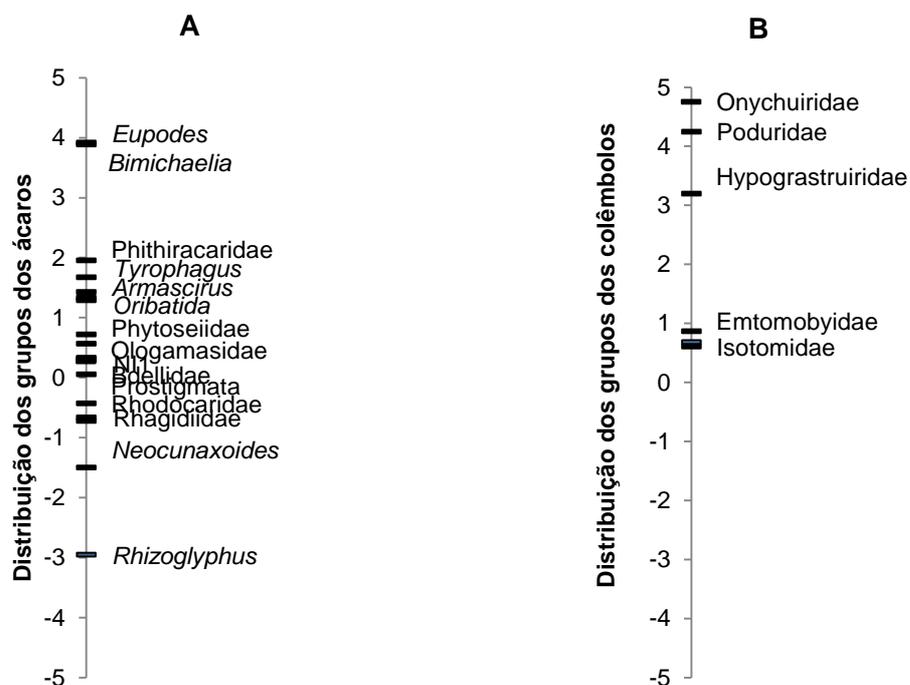


Figura 3.5. Diagrama de CRP, mostrando os efeitos negativos dos sistemas ao longo das avaliações referente as distribuições dos táxons indicando uma associações negativas ou positivas. (a) ácaros e (b) colêmbolos. Arvorezinha – RS.

No entanto, a densidade de ácaros do gênero *Rhizoglyphus* foi o que mais influenciou nos valores negativos no sistema de cultivo convencional

(Figura 3.5 A). Estas espécies de ácaros da família Acaridae estão entre as pragas mais importantes, são cosmopolitas e danificam uma variedade de culturas (Díaz et al., 2000). Além do sistema convencional apresentar baixa diversidade pode estar favorecendo o desenvolvimento de determinados grupos de ácaros que poderão trazer prejuízo para as plantas. Entretanto, as famílias de ácaros com valor de distribuição próximo do zero, tiveram baixa ou nenhuma influência sobre os valores do coeficiente canônico. Neste contexto, podemos relacionar e diagnosticar como potenciais bioindicadores para diagnosticar os efeitos dos sistemas sobre a comunidades do solo.

A distribuição dos colêmbolos apresentaram maiores índices, com os valores de 4,357 nos Onychiuridae e 4,247 no colêmbolos Poduridae (Figura 3.5B). A maior presença de Onychiuridae está associada a ambientes com avançado estágio de desenvolvimento das culturas e com boa cobertura do solo (Sautter et al., 1999). Os colêmbolos Onychiuridae foram mais sensíveis ao sistemas de cultivo de tabaco e com mais intensidade no convencional do que no plantio direto. Contudo, não podemos deixar de citar densidade dos colêmbolos da família Hypogastruridae, com 3,199 (Figura 3.5B). Os Hypogastruridae, tem a capacidade de movimentação diante a uma determinada alteração no solo, envolvendo diversos mecanismos (Zettel et al., 2000). As alterações no solo, pelo sistema convencional, podem ter causado a fuga de determinadas espécies dessa família para ambientes mais favoráveis, ocasionando um baixa densidade nessa área.

3.3.7. Análise de componentes principais (ACP)

O resultado da ACP demonstrou por meio da relação entre a componente principal 1 (eixo x) e a componente principal 2 (eixo y), que houve separação entre as três áreas estudadas. Essa variabilidade dos dados foi explicada em 71,01% pelo CP1 e 28,99% pelo CP2, totalizando 100% da variabilidade total dos dados de abundância dos ácaros (Figura 3.6).

Ainda, pode-se visualizar a maior ou menor associação de cada morfo-espécies em cada área representada pelas variáveis. O solo da área de mata nativa (MN) apresentou maior abundância de ácaros, com destaque para o gênero *Eupodes* e para família Phithiracaridae, em comparação com as demais áreas estudadas (Figura 3.6).

O plantio convencional de tabaco, comparado às outras áreas, não apresentou forte associação com a maioria das famílias de ácaros, com exceção dos pertencentes aos generos *Armascirus* e *Rhizoglyphus* (Figura 3.6). O gênero *Oribatida* apresentou forte associação com as amostras de solos sob plantio direto (PD). Os ácaros também foram mais abundantes em áreas de sob sistemas plantio direto e cultivo mínimo em relação sistema convencional de plantio de tabaco, sendo considerados bom bioindicadores (José et al., 2013).

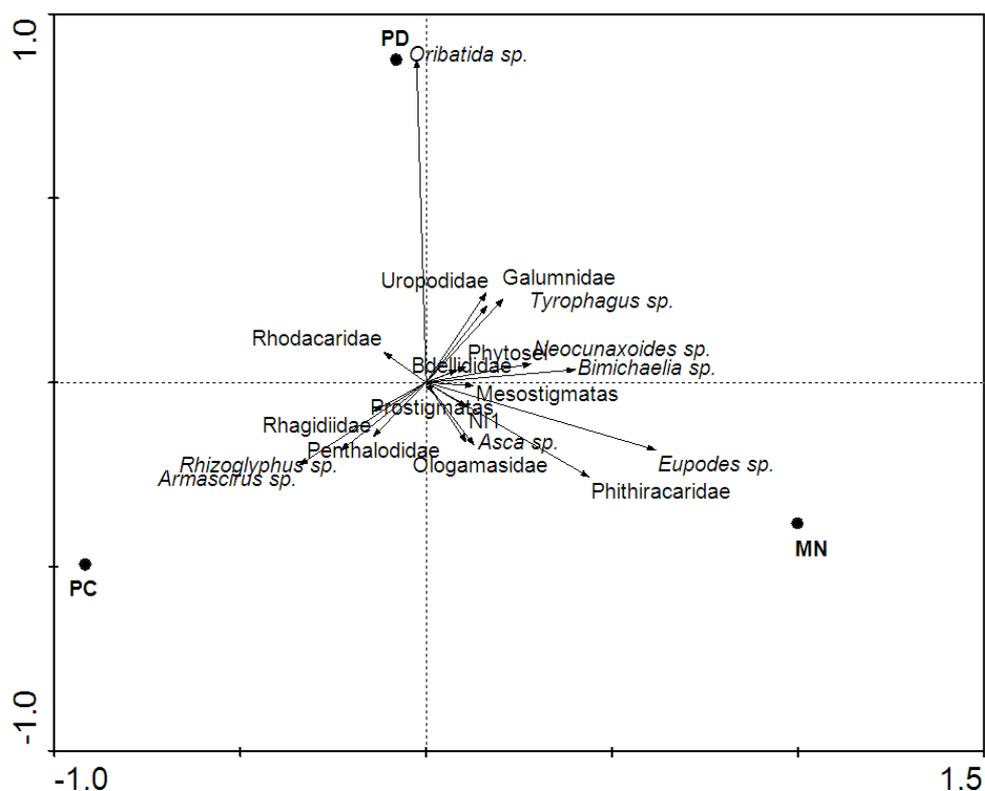


Figura 3.6. Gráfico de análise de componentes principais de ordenação biplot das comunidade de ácaros. PC (Plantio convencional), PD (Plantio direto) e MN (Mata nativa). Arvorezinha – RS.

O resultado da ACP do grupo de colêmbolos demonstrou, que a variabilidade dos dados foi explicada em 95,43% pelo CP1 (eixo x) e 4,53% (eixo y) pelo CP2, totalizando 100% (Figura 3.7). Diferentemente dos ácaros, a distribuição dos colêmbolos não apresentou forte associação específica com uma determinada área, mas observou-se certa associação com as amostras de solos da mata nativa. Em contraste, a abundância colêmbolos foi

negativamente relacionada com a intensidade dos sistema de plantio de tabaco. Em um estudo conduzido por Vanbergen et al., (2007), observaram que o local com maior diversidade de plantas e com maior material orgânico foram positivamente correlacionada com a riqueza de espécies de colêmbolos.

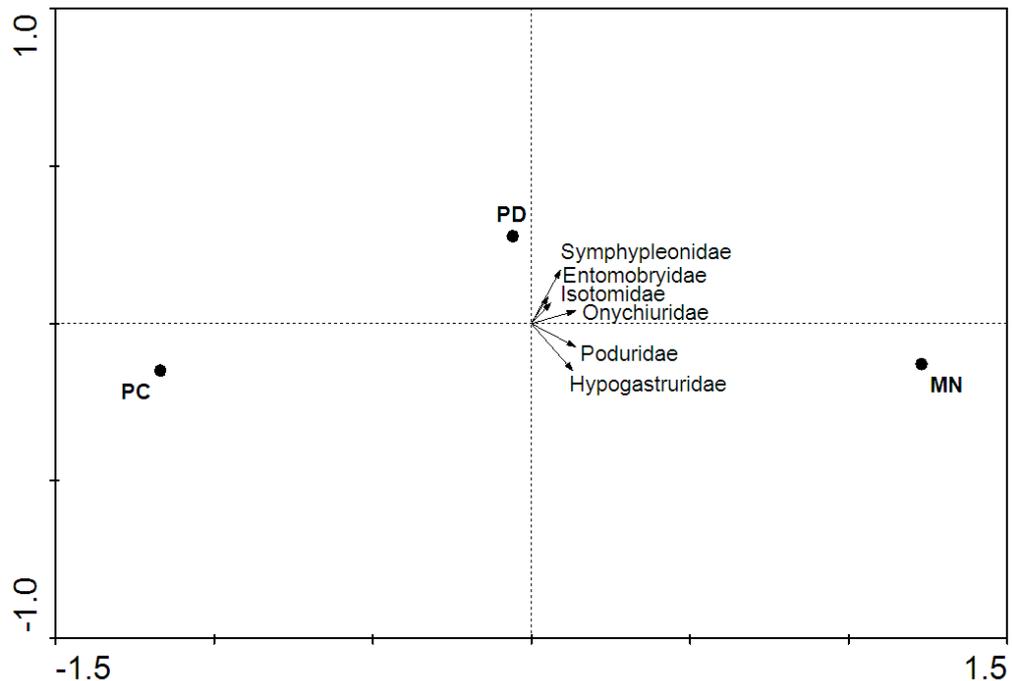


Figura 3.7. Gráfico de análise de componentes principais de ordenação biplot das comunidade de colêmbolos. PC (Plantio convencional), PD (Plantio direto) e MN (Mata nativa). Arvorezinha – RS.

O uso de indicadores da qualidade ambiental aliado a técnica de análises multivariada permite fazer uma estimativa da dinâmica dos processos edáficos, além de identificar o nível de intensidade das perturbações antrópicas (Baretta et al., 2007). Como base na ACP, pode ser confirmar o potencial bioindicadores de determinadas famílias da mesofauna, além da compreensão da relação da densidade dos organismos com as variáveis (áreas estudadas).

3.4. CONCLUSÕES

1. A densidade total da mesofauna edáfica (ácaros e colêmbolos) é favorecida pelo cultivo de tabaco em sistema de plantio direto;
2. Os colêmbolos das famílias Onychiuridae, Poduridae, Entomobryidae, Isotomidae e Symphypleonidae e os ácaros das famílias Bdellidae, Galumnidae, Phytoseiidae, Uropodidae e dos gêneros *Tyrophagus*, *Eupodes*, *Bimichaelia* e *Tyrophagus* são sensíveis às intervenções antrópicas do sistema de cultivo convencional de tabaco o que possibilita sua utilização como bioindicadores das alterações na qualidade biológica do solo;
3. Os resultados deste trabalho não permitem concluir, se o impacto nos índices de diversidade, abundância e dominância da população de ácaros e colêmbolos edáficos é resultante do manejo de solo por si só ou do cultivo de tabaco. No entanto, se percebe que o manejo convencional do solo causa maior impacto na diversidade e abundancia da população de ácaros e colêmbolos edáficos.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉS, P. Ecological risks of the use of sewage sludge as fertilizer in soil restoration: effects on the soil microarthropod populations. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 10, n. 1, p. 67 – 77, 1999.

AZPIAZU, M. D. et al. Clave dicotómica para la determinación de los colémbolos de Cuba (Hexapoda: Collembola). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa**, Zaragoza, v. 34, p. 73 – 83, 2004.

BARETTA, D. et al. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 2, p. 108–117, 2007.

BEDANO, J. C.; DOMÍNGUEZ, A.; AROLFO, R. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 117, p. 55–60, 2011.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068 p.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola**. Disponível em: < <http://www.collembola.org>>. Acesso em: 20 de jan. 2014.

BERCH, S. M.; BATTIGELLI, J. P.; HOPE, G. D. Responses of soil mesofauna communities and oribatid mite species to site preparation treatments in high-elevation cutblocks in southern British Columbia. **Pedobiologia**, Jena, v. 51, n. 1, p. 23–32, 2007.

BRINK, P. J. V. D.; BRAAK, C. J. F. T. Principal response curves: analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 18, n. 2, p. 138–148, 1999.

CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J. DE. Rhodacaridae mites (Acari: Mesostigmata: Rhodacaroidea) from the state of São Paulo, Brazil, with descriptions of a new genus and three new species. **International Journal of Acarology**, Oak Park, v. 36, n. 5, p. 387–398, 2010.

CROSSLEY JR., D. A. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 40, p. 37–46, 1992.

DÍAZ, A. et al. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 85–113, 2000.

DOLES, J. L.; ZIMMERMAN, R. J.; MOORE, J. C. Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado, USA. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 83–96, 2001.

DRESCHER, M. S. et al. Fauna epigeica em sistemas de produção de *Nicotiana tabacum* L. Revista **Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1499 - 1507, 2011.

DUCARME, X. et al. Are there real endogeic species in temperate forest mites? **Pedobiologia**, Jena, v. 48, n. 2, p. 139 -147, 2004.

EDWARDS, C. A.; FLETCHER, K. E. A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods, In: J. PHILLIPSON (ED.). **Methods of study in quantitative soil ecology**: population, production and energy flow. Oxford, Edinburgh: Blackwell Scientific Publications, 1971. 297p. (IBP Handbook n° 18). p. 150-180.

EITMINAVIČIŪTĖ, I.; MATUSEVIČIŪTĖ, A.; AUGUSTAITIS, A. Dynamic and seasonal fluctuations of microarthropod complex in coniferous forest soil. **Ekologija**, Sverdlovsk, v. 54, n. 4, p. 201–215, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. edição. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERGUSON, S. H.; JOLY, D. O. Dynamics of springtail and mite populations: the role of density dependence, predation, and weather. **Ecological Entomology**, New York, v. 27, n. 5, p. 565–573, 2002.

FRANKLIN, E.; SANTOS, E. M. R.; ALBUQUERQUE, M. I. C. Edaphic and arboricolous oribatid mites (Acari; Oribatida) in tropical environments: changes in the distribution of higher level taxonomic groups in the communities of species. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 67, n. 3, p. 447–458, 2007.

GARRETT, C. J. et al. Impact of the rhizosphere on soil microarthropods in agroecosystems on the Georgia piedmont. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 16, p. 141–148, 2001.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, College Station, Texas, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HENDRIX, P. F. et al. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In: SUSTAINABLE Agricultural Systems. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1990. p.637 – 654.

HOPKIN, S. P. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. 1st ed. New York: Oxford University Press, 1997. 322 p.

JOSÉ, J. B. S.; RIEFF, G. G.; SÁ, E. L. S. Mesofauna edáfica e atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura do tabaco. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 19, p. 56–66, 2013.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock, Texas: Tech University Press, 2009. 807 p.

LOFEGO, A. C.; MORAES, G. J. DE. Ácaros (Acari) associados a mirtáceas (Myrtaceae) em áreas de cerrado no estado de São Paulo com análise faunística das famílias Phytoseiidae e Tarsonemidae. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 731–746, 2006.

MALMSTRÖM, A. Temperature tolerance in soil microarthropods: Simulation of forest-fire heating in the laboratory. **Pedobiologia**, Jena, v. 51, n. 5-6, p. 419–426, 2008.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. **Projeto de monitoramento ambiental de microbacias hidrográficas – RS - RURAL sub- - projeto 7**. Porto Alegre: IPH - UFRGS, 2003.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. 1º ed. Ribeirão Preto: Holos, 2008. p. 288.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 1ºed. Rio de Janeiro: Thomson Learning, 2007, 632 p.

OLIVIER, P. A. S.; THERON, P. D. The genus Eupodes Koch, 1835 (Acari: Eupodidae) from African soil and vegetation. Part 1. Characterisation of the genus, designation of the type species and descriptions of three new species. **Koedoe**, Pretoria, v. 40, n. 1, p. 57 –73, 1997.

RIBEIRO-TROIAN, V. R.; BALDISSERA, R.; HARTZ, S. M. Effects of understory structure on the abundance, richness and diversity of Collembola (Arthropoda) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 3, n. 38, p. 340–345, 2009.

RIEFF, G. G. et al. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em

cultivo de eucalipto e áreas nativas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1, p. 57–61, 2010.

RIEFF, G. G. **Monitoramento de ácaros e colêmbolos como potenciais indicadores biológicos de qualidade do solo**. 2010. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pòs-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1061–1068, 2009.

SADAKA-LAULAN, N.; PONGE, J. F. Influence of holm oak leaf decomposition stage on the biology of *Onychiurus sinensis* Stach (Collembola: Onychiuridae). **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 36, n. 2, p. 97–105, 2000.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Comparação das comunidades de Sminthuroidea e Onychiuridae (Collembola) entre plantio direto em três níveis de fertilidade, plantio convencional e um ecossistema natural (campo nativo). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 125 – 131, 1999.

SILVA, R. F. da et al. Impacto do fogo na comunidade da fauna edáfica em florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n. 2-4, p. 234 – 241, 2011.

SINDITABACO. **Tabaco no sul do Brasil**. Disponível em: <<http://www.sindifumo.com.br>>. Acesso em: 23 jan. 2014.

SMILEY, R. L. **The predatory mite family Cunaxidae (Acari) of the world with a new classification**. West Bloomfield: Indira Publishing House, 1992. 356p.

SOUSA, J. P. et al. Changes in Collembola richness and diversity along a

gradient of land-use intensity: A pan European study. **Pedobiologia**, Jena, v. 50, p. 147–156, 2006.

TAKEDA, H. Dynamics and maintenance of collembolan community structure in a forest soil system. **Researches on Population Ecology**, v. 29, n. 2, p. 291–346, 1987.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and user's guide to canono for Windows**: software for canonical community ordination. Ithaca, NY: Microcomputer Power, 1998.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 9, p. 429–437, 1998.

VANBERGEN, A. J.; WATT, A. D.; MITCHELL, R.; et al. Scale-specific correlations between habitat heterogeneity and soil fauna diversity along a landscape structure gradient. **Oecologia**, Heidelberg, v. 153, n. 3, p. 713–25, 2007.

WALTER, D. E.; HUDGENS, R. A.; FRECKMAN, D. W. Consumption of nematodes by fungivorous mites, *Tyrophagus spp.* (Acarina: Astigmata: Acaridae). **Oecologia**, Heidelberg, v. 70, p. 357–361, 1986.

ZETTEL, J.; ZETTEL, U.; EGGER, B. Jumping technique and climbing behaviors of the collembolan *Ceratophysella sigillata* (Collembola: Hyposgrastruridae). **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 97, p. 41 – 45, 2000.

4. CAPÍTULO III – POTENCIAL BIOINDICADOR DOS ÁCAROS E COLÊMBOLOS: USO NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB CULTIVO CONVENCIONAL E ORGÂNICO DE CITROS

4.1. INTRODUÇÃO

Os ácaros e colêmbolos são componentes chave da mesofauna edáfica, pode ser os mais abundantes e conhecidos micro-artropódes do solo (Parisi et al., 2005). A diversidade de ácaros e colêmbolos é utilizada para o monitoramento das alterações na vegetação e condições do solo (Al-Assiuty et al., 2000; Andrés, 1999; Chagnon et al., 2000; Ponge, 1993). Segundo McIntyre et al., (2001) os ácaros e colêmbolos respondem rapidamente à perturbação do solo. Principalmente, a abundância de algumas famílias, tem sido utilizadas como ferramenta de avaliação da qualidade biológica do solo (Parisi et al., 2005; Rieff, 2010; José et al., 2013). Então, ao se analisar a composição dos grupos de ácaros e colêmbolos entre as áreas, podemos identificar as diferenças nas propriedades do solo e tipo e grau de poluição e/ou alteração.

Nas últimas décadas, a qualidade do solo, e em particular, a biodiversidade edáfica, tornaram-se uma questão de crescente atenção nos níveis científicos. Os bioindicadores têm a capacidade detectar as mudanças no ecossistema solo ao longo do tempo, além de ajudar a prever ações de reparo ou de reversão das alterações (Feld et al., 2010). Dentro da questão que envolve as mudanças na qualidade do solo esta as práticas relacionadas aos sistemas de cultivos (Sampaio et al., 2008). Para o manejo convencional são utilizados técnicas, como: o revolvimento, o uso de fertilizantes inorgânicos e a aplicação de pesticidas, influenciando negativamente a diversidade dos micro-artrópodes edáficos (Lenihan & Fletcher, 1976). Em contraste, está os

sistemas como de preparo reduzido, o uso de fertilizantes orgânicos e a rotação de culturas (Doles et al., 2001). Entre os sistemas de cultivos que podem causar desequilíbrios nas comunidades edáficas, esta a citricultura, fortemente alicerçada na utilização de insumos para a maximização produtiva dos pomares (Petry, 2012). Apesar do uso de bioindicadores para avaliar o sistema de manejo do solo, poucos estudos têm comparado as comunidades micro-artrópodes dentro de agroecossistemas de culturas perenes (Doles et al., 2001).

No entanto, não podemos esquecer da complexidade que envolve o monitoramento dos ácaros e colêmbolos para avaliar a qualidade do solo. Embora a biodiversidade do solo parece ser importante em termos de quantidade e qualidade, ainda existe uma falta de conhecimento sobre dos impacto nas distribuições de micro-artrópodes (Cluzeau et al., 2012). Principalmente, estudos em nível de famílias, gêneros ou espécies, podem ser útil para revelar as mudanças mais detalhadas (Postma-Blaauw et al., 2012).

Então, a partir das análises das morfo-espécies de ácaros e colêmbolos, podemos verificar as influências do cultivo convencional e orgânico na qualidade biológica do solo. Outro fator esta na geração de importantes informações para o conhecimento biológico dos grupos da mesofauna edáfica. Este estudo, também pode diagnosticar espécimes que possam ser usada para a avaliação da qualidade biológica do solo em sistema de cultivo de citros. O trabalho teve como objetivos: a) monitorar a densidade e a flutuação da diversidade de ácaros e colêmbolos em áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e área de mata nativa; b) Identificar quais famílias de ácaros e colêmbolos apresentam potenciais de uso na avaliação da qualidade biológica do solo.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas sob diferentes sistemas de cultivo de citros (sob manejo convencional e orgânico) e uma área de mata nativa (referência). Os pomares experimentais e área de mata nativa estão localizados na Cooperativa dos Citricultores Ecológicos do Vale do Caí, no município de Montenegro, RS. A região onde foi conduzido o estudo esta apresenta um clima subtropical úmido de verão quente do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen (Bergamaschi et al., 2003). O solo no local do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico espessarênico (Embrapa, 2006). Para a caracterização química retiraram-se amostras de solos da camada de 0 a 20 cm que foram analisados pelo Laboratório de Solo e Água da UFRGS (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Características químicas das amostras de solos dos pomares de citros sob sistema de cultivo convencional e orgânico e também um área de mata nativa. Montenegro – RS.

| Amostras de solos | pH | P | K | MO | Al +H | Al | Ca | Mg | CTC |
|---------------------|-----|--------------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|------|
| | | mg/dm ³ | | % | -----cmol _c /dm ³ ----- | | | | % |
| Manejo Convencional | 5,7 | 40 | 50 | 1,5 | 5,8 | 0,4 | 2,5 | 0,8 | 13,8 |
| Manejo Orgânico | 7,0 | 90 | 70 | 3,5 | 7,2 | 0,3 | 6,5 | 1,0 | 10,8 |
| Mata Nativa | 6,1 | 7,1 | 130 | 5,1 | 19,7 | 5,2 | 2,7 | 1,4 | 20,8 |

Para verificar as comunidades de ácaros e colêmbolos nativos da região foram conduzidos o monitoramento também em uma área de mata nativa (29°42'40.21" Sul e 51°29'3.47" Oeste). A área de mata nativa possui um tamanho de 3.000 m², formada principalmente pelas espécies *Myrceugenia* sp. (cambuim), *Luehea divaricata* Mart. (Açoita-cavalo), *Fagara* sp. (mamica-de-cadela), entre outras espécies, encontrando-se no estágio secundário de desenvolvimento.

As áreas de citros são compostas de laranjeiras da espécies *Citrus sinensis* L. Osbeck, enxertadas sobre *Poncirus trifoliata* Raf., que teve seu início em agosto de 2001. No tratamento sob cultivo convencional (29°42'44.42" Sul e 51°28'34.96" Oeste), foram utilizadas as recomendações para a cultura, que consistem de aplicações de herbicidas, fungicidas e inseticidas, adubos minerais e corretivos de acidez, de acordo com Koller

(1994). Para adubação de manutenção foi aplicado formulado NPK 20-00-20 na dosagem de 0,8 kg planta⁻¹ ano⁻¹ e correção do pH foi com calcário dolomítico na dose de 6 t ha⁻¹, e após incorporados por uma lavração seguida de uma gradagem (Petry, 2012).

No tratamento sob cultivo orgânico (29°42'52.81" Sul e 51°28'28.80" Oeste), aplicaram-se composto líquido (pH 8,7, Carbono Orgânico 42%, N 2,8%) e sólido (pH 5,9, Carbono Orgânico 14%, N 1,5%) na dose de 48 m³/ha⁻¹. Para o manejo de pragas consistiram de aplicações de calda bordalesa de 0,25% a 0,5%, para controle preventivo do cancro cítrico (*Xanthomonas citri*) e pinta preta (*Guignardia citricarpa*), descrito em Petry, (2012).

4.2.1. Procedimento amostral

As coletas ocorreram bimestralmente, começando em agosto de 2011 e com a última amostragem em dezembro de 2012, no total de 9 avaliações. Para o monitoramento das famílias de ácaros e colêmbolos foi desenvolvido um esquema de amostragem. Esta estratégia permitiu uma melhor observação da diversidade dos micro-artrópodes com avaliações em pontos fixos e georeferenciados. O esquema de amostragens consistiram de seis pontos, três na linha (distante em 1,25 metros das plantas) e três no corredor (distantes em 2,5 metros das plantas), todos equidistante em 15 metros (Anexo 3).

Em cada ponto retirou-se uma amostra inserindo-se um cilindro metálico (7,5 cm de altura por 7,0 de diâmetro) com auxílio de um martelo pedológico. As sondas contendo os solos foram envoltas em filme plástico e acondicionadas em caixas de isopor com a temperatura controlada, mantidas sobre esta condição até o laboratório de Microbiologia do Solo - UFRGS, onde procederam-se a extração e captura.

4.2.2. Preparação para análises dos ácaros e colêmbolos

A metodologia aplicada para extração e captura dos grupos de micro-artrópodes foi o funil de Berlese-Tullgren. Primeiramente as sondas contendo solos foram invertidas, para facilitar o deslocamento dos organismos presentes na camada mais superior do solo (Edwards & Fletcher, 1971). Na base do cilindro, foram colocadas redes plásticas, com as dimensões de 15 x

15 cm, com um abertura na malha de 2mm. Os cilindros foram posicionados sobre um funil, sendo um para cada unidade. Na base do funil, colocaram-se recipientes coletores (capacidade de 100mL), com 20 mL de uma solução contendo álcool 70% e 1% glicerol. A rede teve como finalidade evitar excesso de materiais orgânicos e areias, etc. indesejados caíssem nos frascos coletores prejudicando as observações dos organismos da mesofauna.

As amostras foram distribuídas em um lampadário que consiste de uma estante metálica, equipada com um suporte contendo duas linhas paralelas com 6 lâmpadas elétricas de 40 W. As lâmpadas foram controladas com um “dimmer”, com objetivo de modular a intensidade luminosa e o calor fornecido pelas lâmpadas. Este método consiste em expor as amostras sob uma condição repelente (temperatura e luminosidade). A frente de secagem força o deslocamento dos ácaros e colêmbolos até o frasco coletor. As amostras ficaram 24 horas em processo de ambientação no equipamento extrator. Após o segundo dia, as lâmpadas foram ligadas e ajustadas por mais 7 dias, fornecendo uma temperatura 38 ± 3 °C.

4.2.3. Identificação taxonômica dos ácaros e colêmbolos

A contagem e separação em dos grupos foram realizadas em microscópios estereoscópicos Olympus (aumento de 40 vezes). Os espécimes foram fixados em lâminas de microscopia com uma gota de meio de Hoyer (Moraes & Flechtmann, 2008). Todas as lâminas foram identificadas com os dados dos locais e período em que ocorreram as amostragens de solo. Então, com auxílio de literaturas específicas observaram-se as características morfológicas que suportaram o embasamento para a identificação taxonômica. Para o grupo dos ácaros foram utilizadas as referências bibliográficas (Moraes & Flechtmann, 2008; Krantz & Walter, 2009), e os colêmbolos (Hopkin, 1997; Azpiazu et al., 2004; Bellinger et al., 2012).

Após as identificações taxonômicas dos ácaros e colêmbolos, as lâminas com os espécimes identificadas foram depositadas na “Coleção de Ácaros e Colêmbolos do Solo” do Laboratório de Microbiologia do Solo, Departamento do Solo, Faculdade de Agronomia da UFRGS.

4.2.4. Análise estatística dos dados

A abundância dos espécimes foram extrapolados para números de indivíduos por metro quadrado de solo. Os parâmetros biológicos, como a distribuição, presença e ausência, diversidades de famílias nas diferentes áreas foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Todos os dados foram verificadas a normalidade da variância, usando o teste de Kolmogorov–Smirnof, F e de Bartlett, respectivamente. Os dados de contagem de ácaros e colêmbolos foram transformados usando-se a equação $\sqrt{x+1}$. Para as comparações das médias utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Todas as análises de variância (ANOVA) e de correlação foram realizadas usando-se o programa Statistica 7.0 (<http://www.statsoft.com/>).

A abundância dos ácaros e colêmbolos, e números das morfo-espécie foram submetidos a análise de diversidade, calculando-se índices de diversidade de Shannon-Weaner (H') e de Dominância (D). A diversidade de Shannon (H) foi obtido pela fórmula por:

$$H = - \sum \frac{ni}{N} * \log \frac{ni}{N} \quad (4.2.5)$$

Sendo, ni = densidade de cada grupo e N = soma da densidade de todos os grupos (Souto et al., 2008). O índice de Dominância_ D é obtido pela equação:

$$D = \frac{N_{max}}{N_t} \quad (4.2.6)$$

Onde, N_{max} é o número total do espécime mais abundante; N_t é o total de indivíduos encontrados na amostra. Para o cálculo dos índices de Shannon e Dominância utilizou o programa estatístico PAST (Hammer et al., 2001). As diferenças entre os resultados nos índices referentes aos indivíduos identificados nas amostras de solos das áreas sob diferentes sistemas de cultivo foram comparados com área de mata nativa, pelo *Teste t-Student*.

Para identificar o potencial bioindicador as densidades de representantes de cada família de ácaros e colêmbolos foram tabulados e submetidas a curvas resposta principal (CRP), usando o programa estatística CANOCO (Ter Braak & Smilauer, 1998). A partir dos resultados foram construídos os diagramas, um para ácaros e outro para colêmbolos, representando a distribuição dos grupos taxonômicos. O diagrama resultante exibe uma curva para cada tratamento convencional e orgânico. Os valores

encontrados nas amostras da área de mata nativa foram consideradas como controle. No segundo momento, foi construído o gráfico da distribuição dos grupos que indica a influência do táxon no diagrama de CRP. Com este resultado, podemos identificar os grupos de morfo-espécies com potencial de uso como bioindicadores da qualidade do solo.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Micro-artrópodes edáficos capturados

Foram capturados nas amostras de solos, durante todo período amostral, um total de 2.785 micro-artrópodes (1.688 ácaros e 1.097 colêmbolos). As densidades médias foram de 3.232 ± 818 micro-artrópodes/m² de solo na área sob cultivo convencional, 4.548 ± 817 no cultivo orgânico e 5.360 ± 595 na área de mata nativa. A maior de densidade de micro-artrópodes foi no solo sob mata nativa, com uma média estimada de 3.024 ± 438 ácaros/m² e 2.335 ± 337 colêmbolos/m². Em área de matas nativas, o solo mineral é permanentemente coberto de matéria orgânica, favorecendo uma ampla diversidade de espécies da edáficas (Bruckner, 1998). As densidades de micro-artrópodes não diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) entre as áreas estudadas apenas em agosto e dezembro de (Figura 4.1).

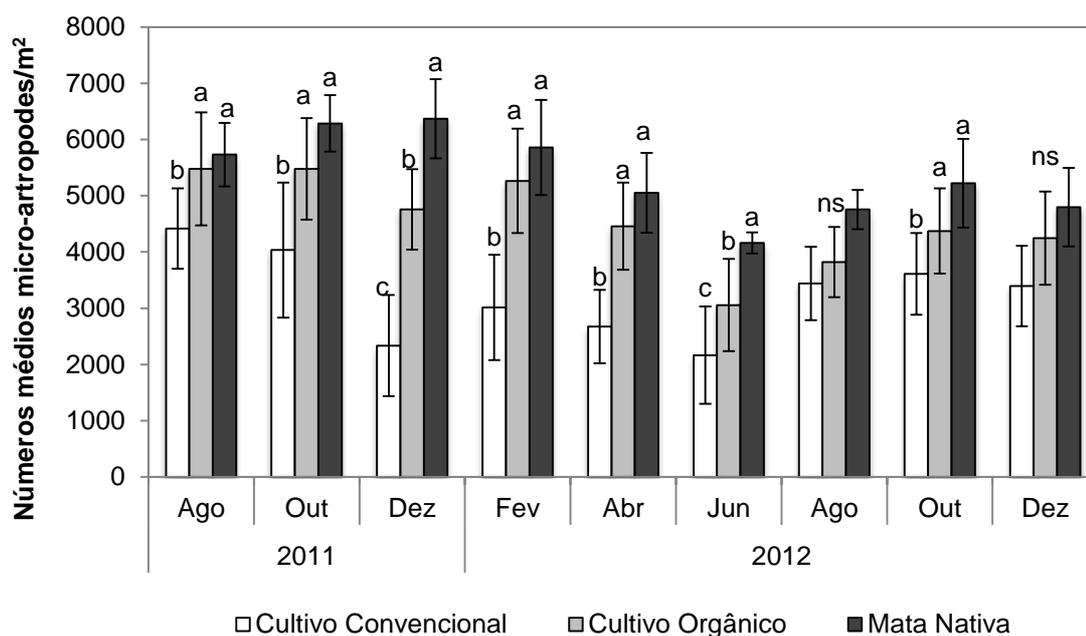


Figura 4.1. Números médios de micro-artrópodes/m² de solo capturados nas áreas sob o cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro - RS.

Na maior parte do período de estudo, as densidades de micro-artrópodes foram maiores no cultivo orgânico do que no convencional de citros

Em um estudo conduzidos por Brown & Adler, (1989), com a cultura de maçãs, os autores observaram uma maior redução nos números desses micro-artrópodes sob condições de sistema convencional.

Na maior parte do período de avaliação, não diferiram as densidades de micro-artrópodes capturados sob cultivo orgânico com os valores dos organismos capturados na mata nativa, com exceção de dezembro de 2011 e julho de 2012 (Figura 4.1). O acúmulo de matéria orgânica pode proporcionar um melhor habitat protegendo os micro-artrópodes das alterações climatólogica no solo (Doles et al., 2001). O sistema de cultivo orgânico de citros apresentam um maior teor de material orgânico, isso pode ter sido um dos fatores que favoreceram para o maior números de ácaros e colêmbolos.

4.3.1.1. Ácaros edáficos

As densidades médias estimadas de ácaros foram de 2.835 ± 475 indivíduos/m² de solo sob sistema orgânico e 2.104 ± 471 sob convencional e 3.024 ± 438 na mata nativa. Durante o período de agosto de 2011 e de julho à setembro de 2012 verificou-se que não houve efeito significativo ($P < 0,05$) entre as áreas estudadas para a densidade de ácaros (Figura 4.2).

Nos períodos de outubro e dezembro de 2011, e fevereiro e abril de 2012 as densidades de ácaros foram maiores nas amostras de solos sob cultivo orgânico do que o convencional de citros (Figura 4.2). No entanto, na maior parte do período avaliado a densidade de ácaros não foi influenciados pelos sistemas de cultivo de citros. Isto pode estar relacionado com a forma que são manejadas as áreas durante esses meses. Em agosto de cada ano ocorrem as colheitas das frutas na área experimental e durante o período anterior, durante e posterior, não são aplicados o controle de manejo integrado pragas, conforme apresentado em Petry (2012). Entre as técnicas que diferenciam os sistemas cultivos de citros está a aplicação de agroquímicos (insecticidas e pesticidas) ocorrendo apenas no manejo convencional. Na citricultura convencional são utilizados de grandes volumes de calda, (na forma de pulverização) no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Oliveira et al., 1998). Então o uso de pulverização para o controle de pragas podem afetar além do organismos alvo (praga), mas também a diversidade de outros ácaros presentes no solo. A partir do monitoramento da densidade de

ácaros ao longo do tempo, podemos verificar a intensidade e persistência de um determinado agroquímicos sobre a comunidade de micro-atrópodes edáficos.

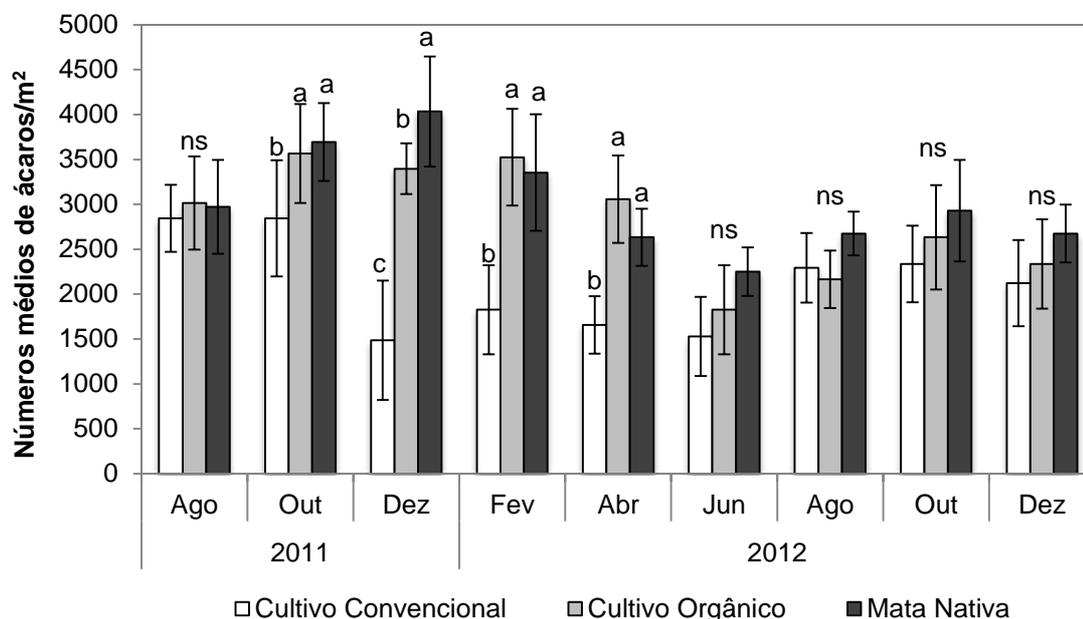


Figura 4.2. Números médios de ácaros/m² de solo capturados nas áreas sob o cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro - RS.

As maiores diferenças nas densidades de ácaros entre o cultivo convencional e a mata nativa, foram em dezembro de 2011 e fevereiro e abril de 2012 (Figura 4.2). No mês de dezembro de 2011, foram estimadas uma média de ácaros sob cultivo convencional de 1.486 ± 665 e na mata nativa 4.034 ± 614 indivíduos/m² de solo. Nos períodos avaliados, apenas em dezembro de 2011 a densidade de ácaros sob cultivo orgânico também diferiu da mata nativa ($P < 0.05$). O mês de dezembro corresponde a estação do verão com temperaturas mais altas e baixa umidade no solo pelo aumento da evotranspiração. A mata nativa apresenta maior diversidade de espécies vegetais e cobertura de material orgânico, que muitas vezes podem servir de proteção contra variações mais intesas na temperatura e na perdas de umidade do solo. A ausência de material orgânico intensifica a ação dos fatores abióticos, como a umidade e a temperatura que são conhecidos por ter uma

influência sobre organismos do solo que pode ser intensificado pelos diferentes práticas de manejo (Kautz et al., 2006).

4.3.1.2. Colêmbolos edáficos

As densidades de colêmbolos diferiram significativamente entre as áreas estudadas em todo o período amostral ($P < 0,05$), sendo o oposto do que foi observado com os ácaros (Figura 4.2 e 4.3). Neste estudo verificou-se a maior sensibilidade dos colêmbolos aos sistemas cultivo do que os ácaros. Os colêmbolos apresentam maior grau de sensibilidade as alteração no solo do que os ácaros (Rieff, 2010). Este fato pode estar relacionado com as diferenças nas características biológicas de cada organismo edáfico. Segundo Aström & Bengtsson (2011), a estrutura morfológica dos colêmbolos permite a fuga de ambientes após a uma determinada alteração, apresentando a esses maiores habilidades de dispersão no solo. Analisando de forma ampla, nossos resultados mostram que as habilidades de movimentação no solo pode ser um fator importante no monitoramento das comunidades edáficas.

A densidade de colêmbolos capturadas nas áreas sob sistema de cultivo de citros diferiram em agosto de 2011 e de junho a dezembro de 2012 (Figura 4.3). Foram capturados maior quantidade de colêmbolos no solo sob cultivo orgânico do que o convencional de citros. Os colêmbolos preferem habitats que fornecem um suprimento contínuo de material orgânico (Vreeken-Buijs et al., 1998). Ao analisar a abundância de micro-artrópodes separadamente, podemos concluir que este resultados foram influenciados pela variação nos números médios de colêmbolos, mostrando que comportamento biológico dos ácaros e colêmbolos é diferente em determinadas situações.

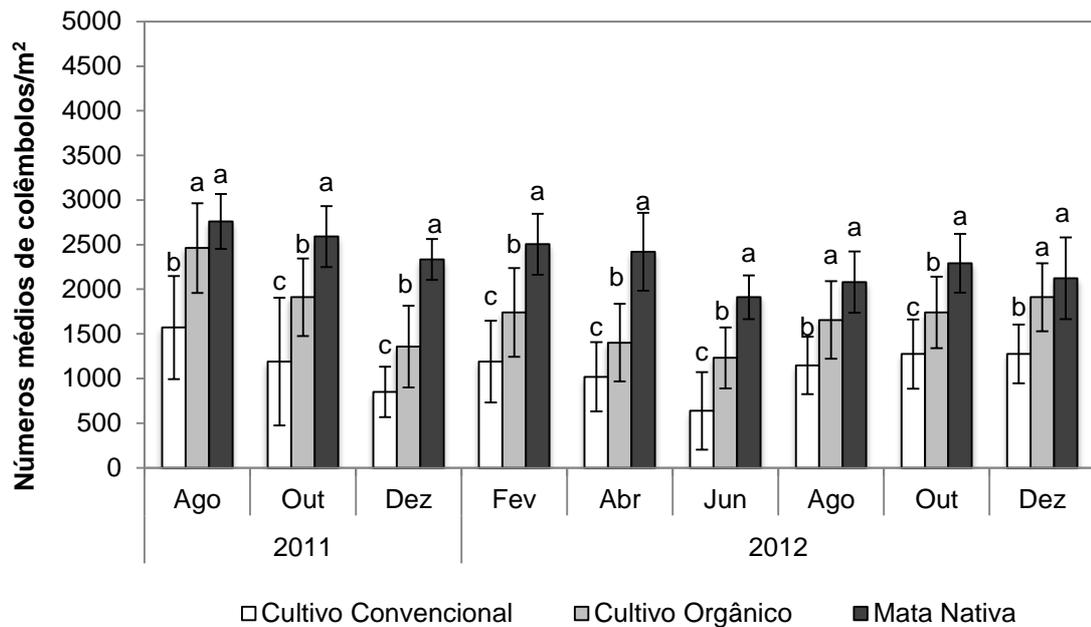


Figura 4.3. Números médios de colêmbolos/m² de solo capturados nas áreas sob o cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro - RS.

4.3.2. Classificação taxonômica dos ácaros capturados

Foram registradas 15 famílias, 10 gêneros e duas não identificadas (NI) de ácaros. Entre os mais abundantes nas amostras foram os indivíduos do gênero *Oribatida*, do total de ácaros capturados, 13,7% foram no solo sob mata nativa, 13,1% sob cultivo orgânico e 8,5% sob sistema convencional. (Tabela 4.2). Os oribatídeos apresentam alta diversidade, amplamente distribuídos, e estão, entre as metacomunidades espacialmente mais bem estruturadas do solo (Minor et al., 2011).

Entre as famílias de ácaros identificadas em cada tratamento, apenas as densidades de Penthalodidae não diferiram entre as áreas sob sistema de cultivo de citros e área de referência mata nativa (Tukey, 5%). As famílias de ácaros Ascidae, Galumnidae e Uropodidae e as ordens (Mesostigmata e Prostigmatas) foram as mais abundantes nas amostras de solo da mata nativa do que nos tratamentos sob os cultivos convencional e orgânico de citros (Tabela 4.2). Dentre as densidades de representante dessas famílias, os ácaros Galumindae foram os mais numerosos na mata nativa, com média de 240 ácaros/m² de solo. Os ácaros Galumnidae estão presentes em

ambientes com maior diversidade de material orgânico em decomposição (Krantz & Walter, 2009).

Tabela 4.2. Classificação taxonômica dos ácaros capturados nas amostras de solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e na área de referência mata nativa. Montenegro – RS.

| Morfo-espécies de ácaros | | Convencional | | Orgânico | | Mata Nativa | |
|--------------------------|--------------------------|--------------|--------------------|------------|------------------|-------------|--------------------|
| Família | Gêneros | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} |
| Acaridae | <i>Rhizoglyphus</i> sp. | 60 | 6,7 ± 2,3a | 12 | 1,3 ± 1,2b | 26 | 2,9 ± 2,2b |
| Acaridae | <i>Tyrophagus</i> sp. | 8 | 0,9 ± 1,6b | 41 | 4,6 ± 1,9a | 41 | 4,6 ± 2,3a |
| Ascidae | <i>Asca</i> sp. | 4 | 0,4 ± 1b | 6 | 0,7 ± 1,6b | 13 | 1,4 ± 2,2a |
| Cunaxidae | <i>Armascirus</i> sp. | 39 | 4,3 ± 2,3a | 14 | 1,6 ± 1,9b | 13 | 1,4 ± 1,2b |
| Cunaxidae | <i>Neocunaxoides</i> sp. | 2 | 0,2 ± 0,6c | 37 | 4,1 ± 2,6a | 19 | 2,1 ± 2b |
| Eupodidae | <i>Eupodes</i> sp. | 10 | 1,1 ± 1,4b | 32 | 3,6 ± 1,3a | 38 | 4,2 ± 1a |
| Mesostigmata | | 8 | 0,9 ± 1,7c | 19 | 2,1 ± 2,8b | 37 | 4,1 ± 3,3a |
| Ologamasidae | <i>Ologamasus</i> sp. | 35 | 3,9 ± 2,8a | 8 | 0,9 ± 1,3c | 21 | 2,3 ± 2,9b |
| Galumnidae | | 6 | 0,7 ± 1,3c | 26 | 2,9 ± 0,9b | 51 | 5,6 ± 1,5a |
| Oribatida | <i>Oribatida</i> sp. | 137 | 15,2 ± 2,6b | 195 | 21,7 ± 3,9a | 181 | 20,1 ± 3a |
| Pachynatidae | <i>Bimichaelia</i> sp. | 6 | 0,7 ± 0,8b | 21 | 2,3 ± 1,9a | 25 | 2,8 ± 1,1a |
| Penthalodidae | | 20 | 2,2 ± 1,6ns | 25 | 2,8 ± 3ns | 23 | 2,6 ± 1,5ns |
| Phithiracaridae | | 10 | 1,1 ± 1,6b | 49 | 5,4 ± 2,9a | 48 | 5,3 ± 1,6a |
| Phytoseiidae | | 17 | 1,9 ± 1,7b | 56 | 6,2 ± 1,8a | 8 | 0,9 ± 1,1b |
| Prostigmata | | 5 | 0,6 ± 1,6b | 11 | 1,2 ± 2b | 30 | 3,3 ± 2,5a |
| Rhagidiidae | | 14 | 1,6 ± 2,2a | 21 | 2,3 ± 2,2a | 8 | 0,9 ± 2,2b |
| Rhodacaridae | | 16 | 1,8 ± 2,4a | 3 | 0,3 ± 0,7b | 16 | 1,8 ± 1,6a |
| Uropodidae | | 6 | 0,7 ± 1,6c | 16 | 1,8 ± 2b | 30 | 3,3 ± 3,8a |
| #NI1 | | - | - | - | - | 5 | 0,6 ± 1,6 |
| #NI2 | | - | - | - | - | 8 | 0,9 ± 2,5 |
| Tenuipalpidae | <i>Brevipalpus</i> sp. | 43 | 5,4 ± 2,8a | 9 | 1 ± 1,1b | - | - |
| Total | | 446 | 49,6 ± 11,6 | 601 | 67,8 ± 14 | 641 | 71,2 ± 12,6 |

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias na linha e ns = não significativo (pelo teste de Tukey, $P < 0,05$, ANOVA) e ns = não significativo. #NI1a NI2: (não identificado) ácaros desconhecidos ou perda de características essenciais durante o manuseio comprometendo a identificação.

O ácaros Ascidae e o Prostigmatas não diferiram entre os sistemas de cultivo de citros. Os Ascidae em geral, são encontrados no solo, na serapilheria, e em outros habitats, eles desempenham um papel importante como predadores de outros ácaros, e micro-artrópodes e nematóides (Walter et al., 1993). Eles também estão entre os ácaros úteis como indicadores biológicos de condições de solo e mudanças nos ecossistemas do solo (Karg & Freier, 1995). As características dos tratamentos sob cultivo de citros não apresentaram condições para o desenvolvimento dessa família de ácaro e não permitiu verificar as influências de cada cultivo sobre a diversidade do Ascidae.

A família de ácaro Rhagidiidae foi mais abundantes nas amostras de solos onde estavam instalados os tratamentos sob sistemas de cultivos de

citros (Tabela 4.2). Em um estudo conduzido por Doles et al., (2001), estes autores também observaram maiores densidades de ácaros Rhagidiidae em área sob sistema convencional e orgânico para o cultivo da maçã. Os Tenuipalpidae (gênero *Brevipalpus*) foram capturados em maior densidade nas amostras sob sistema convencional de citros (Tabela 4.2). Esse é o ácaro mais abundante entre os fitófagos (Castro & Moraes, 2007). Os ácaros da família Tenuipalpidae são pragas que prejudicam a cultura dos citros devido à transmissão do vírus da leprose (Omoto et al., 2000; Aguiar-Menezes et al., 2007).

Também os gêneros *Rhizoglyphus* (Acaridae), *Armascirus* (Cunaxidae) *Ologamasus* (Ologamasidae) foram consideradas como características da área de cultivo convencional de citros (Tabela 4.2). Os *Rhizoglyphus* sp. (Acaridae) são pragas de importância econômica, que atacam as plantas (Díaz et al., 2000). Os ácaros do gênero *Armascirus* (Cunaxidae) são conhecidos como predadores de pequenos ácaros e insetos (Smiley, 1975).

As densidades dos ácaros do gênero *Neocunaxoides* (Cunaxidae) e da família Phytoseiidae foram maiores nas amostras de solos sob sistema orgânico do que cultivo convencional e mata nativa (Tabela 4.1). Foram capturados uma média estimada de 175 ácaros/m² de solo de representantes do gênero *Neocunaxoides* e 274 da família Phytoseiidae. Os ácaros predadores da família Phytoseiidae são considerados os principais inimigos naturais de ácaros fitófagos que são pragas (Aguiar-Menezes et al., 2007). Neste caso podemos concluir da importância de mantermos um ambiente com maior diversidade edáfica, contribuindo para cadeia alimentar e na presença de predadores de pragas na agricultura. Com base na densidade desses ácaros foi possível a diferenciação dos sistemas de cultivos, sendo a presença relacionada ao potencial bioindicador da desestruturação das comunidades edáficas pelo cultivo convencional. Muitas vezes as alterações no solo podem influenciar de forma indireta, ou seja, diminuindo muitas vezes os predadores e mudando o ciclo natural.

Os ácaros dos gêneros *Tyrophagus*, *Neocunaxoides*, *Eupodes*, *Oribatida* e *Bimichaelia* e das famílias Galumnidae, Mesostigmata e Uropodidae foram capturados em maiores densidades nas amostras de solos

sob cultivo orgânico e na mata nativa (Tabela 4.2). O gênero *Tyrophagus* são ácaros fungívoros habitantes comuns de solos de pastagens e também predadores de nematóides (Walter et al., 1986). Os *Eupodes* (Ordem Prostigmatida) habitam solos e são mais estáveis em camada subsuperficiais (Postma-Blaauw et al., 2010). O gênero *Bimichaelia* habita lugares com maior presença de serapilheira (Mcdaniel & Bolen, 1983). De modo geral, estas espécies apresentam potencial como bioindicadores, já que foram claras as interações maiores com o sistema de cultivo orgânico de citros do que no convencional.

A densidade de ácaros representantes do gênero *Oribatida* não diferiu entre as amostras do tratamento sob cultivo orgânico e mata nativa (ANOVA, Tukey 5%). A menor densidade de oribatídeos foi nas amostras de solos sob sistema de cultivo convencional, com apenas 137 indivíduos (Tabela 4.2). Os oribatídeos apresentam características que os qualificam para avaliar as mudanças dentro de um determinado ambiente (Franklin et al., 2007). Nesses resultados podemos observar a resposta mais complexa das comunidades oribatídeos diante as alterações no solo pelos diferentes sistemas de manejos. As avaliações da densidade de oribatídeos podem contribuir nas observações das alterações em pequena e em largas escalas, variando de propriedades microbianas, clima e entre outros (Zaitsev et al., 2002). De acordo com Aström & Bengtsson, (2011), os oribatídeos são limitados quanto aos aspectos de dispersão, sendo assim, mais influenciados pelos alterações no solo.

4.3.3. Classificação taxonômica dos colêmbolos capturados

No total de colêmbolos capturados foram identificadas 8 famílias. Diferentemente do que foi observado no grupos dos ácaros, nenhuma família identificada apresentou maior densidade nas amostras de solos sob cultivo convencional (Tabela 4.3).

Entre os colêmbolos mais abundantes foram os representantes da família Entomobryidae, um média estimada de 481 organismos/m² de solo sob cultivo convencional, 590 no orgânico e 528 na mata nativa. Essa foi a única família que a densidade de colêmbolos não diferiu entre os tratamentos (ANOVA $F_{2,15} = 1,4014$, $P = 0,276719$). Este fato pode ser devido às

características morfológicas, já que estes organismos apresentam pigmentação, cerdas multiciliadas, fúrculas e grandes antenas (Hopkin, 1997; Zeppelini & Bellini 2006). Essas características morfológicas dos Entomobryidae fornecem mecanismos de resistência às determinadas alterações no solo e capacidade de dispersão caso necessário. Para as aplicações das famílias de colêmbolos no conceito de qualidade biológica do solo, a densidade de Entomobryidae não apresentou potencial para este tipo de estudo sob essas condições de manejo de citros.

Tabela 4.3. Classificação taxonômica dos colêmbolos capturados nas amostras de solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e na área de referência mata nativa. Montenegro – RS.

| Colêmbolos Famílias | Convencional | | Orgânico | | Mata Nativa | |
|------------------------|--------------|-----------------|------------|-------------------|-------------|---------------|
| | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} |
| Symphyleonidae | 13 | 1,4 ± 1,7c | 45 | 5 ± 2b | 82 | 9,1 ± 2,2a |
| Tomoceridae | - | - | 1 | 0,1 ± 0,3b | 32 | 3,6 ± 1,8a |
| Onychiuridae | 33 | 3,6 ± 2,2b | 52 | 5,8 ± 1,5a | 65 | 7,2 ± 1,3a |
| Entomobryidae | 102 | 11,3 ± 1,9ns | 125 | 13,9 ± 2,4ns | 112 | 12,4 ± 1,9ns |
| Hypogastruridae | 47 | 5,2 ± 2b | 57 | 6,3 ± 2,5b | 76 | 8,4 ± 3,6a |
| Isotomidae | 9 | 1 ± 1,1b | 47 | 5,2 ± 1,6a | 46 | 5,1 ± 1,3a |
| Paronellidae | - | - | 4 | 0,4 ± 0,8b | 12 | 1,3 ± 1,2a |
| Poduridae | 35 | 3,9 ± 1,8b | 32 | 3,6 ± 1,4b | 70 | 7,8 ± 2a |
| TOTAL | 239 | 26,6 ± 6 | 363 | 60,5 ± 8,3 | 495 | 55 ± 6 |

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias na linha e ns = não significativo (pelo teste de Tukey, $P < 0,05$, ANOVA) e ns = não significativo.

Os colêmbolos representantes das famílias Symphyleonidae, Tomoceridae, Hypogastruridae, Paronellidae e Poduridae foram capturadas em maiores quantidades nas amostras de solo sob mata nativa (Tabela 4.3). Entre essas famílias, destaca-se a densidade de colêmbolos dos Symphyleonidae, do total de organismos identificados 59% presentes nas amostras de solos sob mata nativa, 32% no cultivo orgânico e apenas 9% no convencional de citros. Essas foram as principais famílias que diferiram nos sistema de cultivo de citros. Os Symphyleonidae (Subclasse Symphyleona) estão presentes em áreas de matas localizados em vegetações rasteiras e também no alto das

plantas (Fjellberg, 2007). Depois da mata nativa, o sistema de cultivo orgânico foi o que apresentou melhor condições para o desenvolvimento dessas morfo-espécies de colêmbolos.

Os colêmbolos pertencentes as família Tomoceridae e Paronellidae que não foram encontradas nas amostras de solos sob cultivo convencional de citros (Tabela 4.3). Em estudo conduzido por Baretta et al., (2008), estes autores observaram que a densidade de organismos de Tomoceridae e Paronellidae esteve mais associadas com o ambientes de mata nativa. Mas é importante destacar que esse sistema de cultivo de citros apresentou melhores condições para o desenvolvimento desse grupo do que sob manejo convencional.

Os indivíduos das famílias Isotomidae e Onychiuridae foram capturadas em maior densidades nas amostras do tratamento sob cultivo orgânico do que o convencional, diferindo-se pelo teste de Tukey 5% (Tabela 4.3). Os colêmbolos Isotomidae (*Folsomia candida*) estão entre os mais utilizados para avaliar alterações no solo pelos xenobióticos (Crouau et al., 1999), também são sensíveis a ambiente onde houve perdas de material orgânico (Natal-da-Luz et al., 2008). Sautter et al., (1999) observaram que as maiores quantidades de colêmbolos da família Onychiuridae nas amostras sob sistema de manejo direto. Isso mostra a maior relação dos colêmbolos Isotomidae e Onychiuridae com área sob sistema de cultivo mais conservacionista.

4.3.4. Índices de diversidade dos micro-artrópodes edáficos

As amostras de solos da área de mata nativa apresentaram a maior diversidade da mesofauna. Este fato foi evidenciado pela riqueza de grupos taxonômicos, pelo valor do índice de diversidade de Shannon (H) e de Dominância (D). Os valores médios da riqueza na área sob sistema de plantio convencional apresentou os menores índices, diferindo-se da mata nativa na maior parte dos meses, com exceção de dezembro de 2012 (Tabela 4.4). O mesmo não foi observado no índice de riqueza de taxons das amostras sob cultivo orgânico. Com base nisso, podemos compreender que o cultivo orgânico de citros apresenta maior diversidade de táxons do que a área sob convencional. A redução em números não é apenas uma resposta à

perturbação do solo por meio dos processos de cultivo, já que as distribuições de resíduos orgânicos e de microclimas são drasticamente alterados (Crossley Jr. et al., 1992)

Tabela 4.4. Índices de diversidade relativos às densidades das morfo-espécies de ácaros e colêmbolos capturados solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. Montenegro – RS.

| | 2011 | | | 2012 | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Ago. | Out. | Dez. | Fev. | Abr. | Jun. | Ago. | Out. | Dez. |
| <i>----- Riqueza média dos grupos taxonômicos -----</i> | | | | | | | | | |
| Cultivo Convencional | 10,7* | 9,5* | 6,7* | 7,5* | 6,5* | 6,3* | 8,7* | 8,3* | 8,3 |
| Cultivo Orgânico | 11,3 | 11,5 | 11,2 | 10,8 | 10,5 | 8 | 8,7* | 9,8 | 10 |
| Mata Nativa | 12,8 | 14 | 12,5 | 11,8 | 10,8 | 8,8 | 11 | 10,83 | 10,5 |
| <i>----- Índice de diversidade de Shannon (H) -----</i> | | | | | | | | | |
| Cultivo Convencional | 2,09* | 2,07* | 1,91* | 1,99* | 1,84* | 1,78* | 1,94* | 2,15 | 1,92* |
| Cultivo Orgânico | 2,21* | 2,29* | 2,3 | 2,27* | 2,17* | 1,98 | 1,99* | 2,19 | 2,16 |
| Mata Nativa | 2,36 | 2,53 | 2,43 | 2,41 | 2,39 | 2,16 | 2,31 | 2,26 | 2,18 |
| <i>----- Índice de Dominância (D) -----</i> | | | | | | | | | |
| Cultivo Convencional | 0,12 | 0,14* | 0,21* | 0,18* | 0,19* | 0,29* | 0,15* | 0,15* | 0,18* |
| Cultivo Orgânico | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,16* | 0,12 | 0,13 |
| Mata Nativa | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 0,12 |

* Refere-se as comparações na coluna que caracteriza estatisticamente diferentes a partir dos dados das amostras de solos da área de mata nativa, teste t, de Student, $p < 0,05$.

As amostras de solos da área de mata nativa apresentaram a maior diversidade de organismo, evidenciada pelos índices de diversidade de Shannon (H). O índice de diversidade de Shannon (H), no sistema sob cultivo orgânico não diferiu da mata nativa em dezembro de 2011 e julho e outubro de 2012 (Tabela 4.4). Este resultado pode ser explicado pelo fato de ocorrer maior disponibilidade de material orgânico e oferta de alimentos em ambos os tratamentos (orgânico e mata nativa). De acordo com Drescher et al., (2011) a maior diversificação do material orgânico e a permanência de cobertura do solo favorece a diversidade de organismos.

Os índice de Shannon das comunidades de micro-artrópodes capturados no solo sob cultivo convencional foram menores que os da mata nativa na maior parte o período, com exceção de outubro de 2012 (Tabela 4.4). A presença de vegetação, cobertura vegetal e serapilheira, afetam o sombreamento do solo e disponibilidade de matéria orgânica influenciando positivamente o número de indivíduos e riqueza de espécies (Zeppelini et al., 2008). A ausência de cobertura vegetal na área sob cultivo convencional pode ter sido um dos fatores que influenciaram negativamente observando a menor diversidade de ácaros e colêmbolos. Não podemos destacar outros fatores já que as técnicas de diferem os cultivos orgânico e convencional está além de apenas alterações na cobertura do solo.

Os organismos do solo capturados na área sob cultivo convencional apresentaram maior índice de Dominância (Tabela 4.4). De modo geral, não foi possível diagnosticar os motivos das variação nos índice de forma pontual (meses avaliados), ou seja, os motivos de que alguns períodos não diferiram os sistemas de cultivos com a mata nativa. Apenas podemos relacionar a baixa quantidade de morfo-espécies capturadas que ocasionariam variações nos índices.

4.3.5. Curvas de respostas principais (CRP)

A variabilidade da distribuição dos grupos dos ácaros em relação do tempo em relação ao tratamentos foi explicada em 66,6%, com $P < 0,05$. A partir deste diagrama de CRP, observa-se a influência de cada sistema de cultivo nas morfo-espécies de ácaros (Figura 4.4A). A análise de CRP expressa graficamente a distribuições dos organismos ao longo do tempo, onde o controle ou local de referência é representado por um linha horizontal, em que em parte permite a interpretação dos efeitos ao nível de cada uma das morfo-espécies (Pardal et al., 2004).

Os valores dos índices das comunidades de ácaros observadas sob cultivo convencional foram negativas em todo período amostral (Figura 4.4A). A escala de distribuição dos grupos de ácaros na figura 4.4B identifica as varias morfo-espécies que foram influenciados sistemas de cultivo. Com isso, permitiu as observações em cada momento e compará-los com o controle verificando quais são as famílias que mais estão influenciando os resultados.

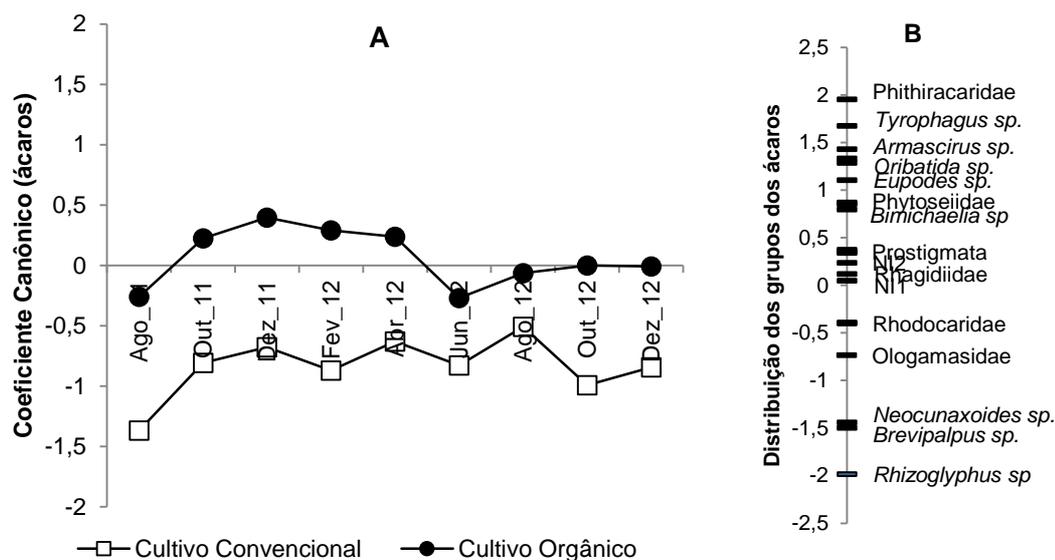


Figura 4.4. Curvas de resposta principal (CRP) dos grupos dos ácaros. (a) diagrama de CRP, mostrando os efeitos negativos dos sistemas ao longo das avaliações e (b) distribuição das famílias e dos gêneros indicando uma associação negativa ou positiva. Montenegro - RS.

Os ácaros que apresentaram potenciais de uso para diagnosticar os efeitos dos sistemas, foram os representantes da família Phithiracaridae, seguidas dos gêneros *Tyrophagus*, *Armascirus* e *Oribatida* (Figura 4.4B). Pelo coeficiente canônico, diagnosticou que esses ácaros, foram os que mais contribuíram para as diferenças dos sistemas de manejos em relação a mata nativa. A distribuição desses grupos de ácaros nas amostras de solo sob cultivo convencional em comparação com as outras áreas, foram as que mais influenciaram nos resultados. Em estudo conduzido por Kasuga & Amano (2003) foi observado que as principais causas de diminuição da população do ácaros do gênero *Tyrophagus* foi devido a altas temperatura e na presença de agroquímicos. Essas são umas das principais características que distinguem os sistemas de cultivos citros dos tratamentos avaliados. Nesse caso o convencional apresenta a ausência de cobertura vegetal propiciando a maior variação da temperatura, e no cultivo orgânico, além dos resíduos orgânicos não são utilizados agroquímicos no controle de pragas. Dentre esses ácaros, os oribatídeos estão entre os mais conhecidos e têm diversos estudos comprovando a importância para avaliação das alterações pelos sistemas

manejo no solo (Behan-Pelletier, 1999; Princz et al., 2010; José et al., 2013). Em um estudo conduzido por Moraes et al., (2011), foi observado que o teor de argila, serapilheira e pH do solo foram as variáveis que explicaram as mudanças na composição dos oribatídeos ao longo do tempo

Na figura 4.4B, podemos observar que o coeficiente canônico obtidos pelas densidades de ácaros representantes dos gêneros *Rhizoglyphus* e *Brevipalpus* foram o que mais influenciaram nos índices negativos, verificados no tratamento sob cultivo convencional. O *Brevipalpus* (Família Tenuipalpidae) é o ácaro mais abundante entre os fitófagos (Castro & Moraes, 2007). Entretanto, as famílias de ácaros com valor de distribuição próximo do zero, tiveram baixa ou nenhuma influência dos sistemas de cultivo do citros.

Os densidade de colêmbolos capturados apresentaram a variabilidade do tempo*tratamentos foi explicada em 74,2%, com $P < 0.05$. O sistema de cultivo convencional apresentou os menores valores de coeficientes canônicos em relação ao orgânico de citros (Figura 4.5A). Os números de colêmbolos capturados foram mais influenciados pelos sistemas de cultivos de citros mesmo que em condições de manejo orgânico. O período de coleta, fevereiro e abril de 2012, foram onde se observou os índices mais baixos na área sob cultivo orgânico (Figura 4.5A). Apesar disso, as condições dos sistema de cultivo orgânico apresentaram coeficiente canônico CRP mais próximos da mata nativa, principalmente em dezembro de 2012 (Figura 4.5B). O mês de novembro/dezembro é o início da brotação (Prety 2012), no entanto não conseguimos identificar o que ocasionou a menor influência negativa sobre as comunidade de colêmbolos no solo sob cultivo convencional e orgânico.

De modo geral, todas as distribuições das famílias de colêmbolos influenciaram nos resultados encontrados no diagrama de CRP. Os colêmbolos representantes da famílias Symphypleonidae foram os mais sensíveis ao sistema de cultivo convencional, contudo, não podemos deixar de citar as famílias Isotomidae, Onychiuridae e Poduridae (Figura 4.5B). O Symphypleonidae são colêmbolos fungívoros e epigéicos presentes principalmente na camada da serapilheira (Hopkin, 1997). Os Onychiuridae, são colêmbolos sem pigmentação, sem fúrcula, presentes em camada mais protegidas das altas temperatura de presença de luminosidade. Os colêmbolos que ocupam a camada mais superior do solo são mais expostos as alterações

pelos sistema de cultivo, caso também observado com a família Poduridae.

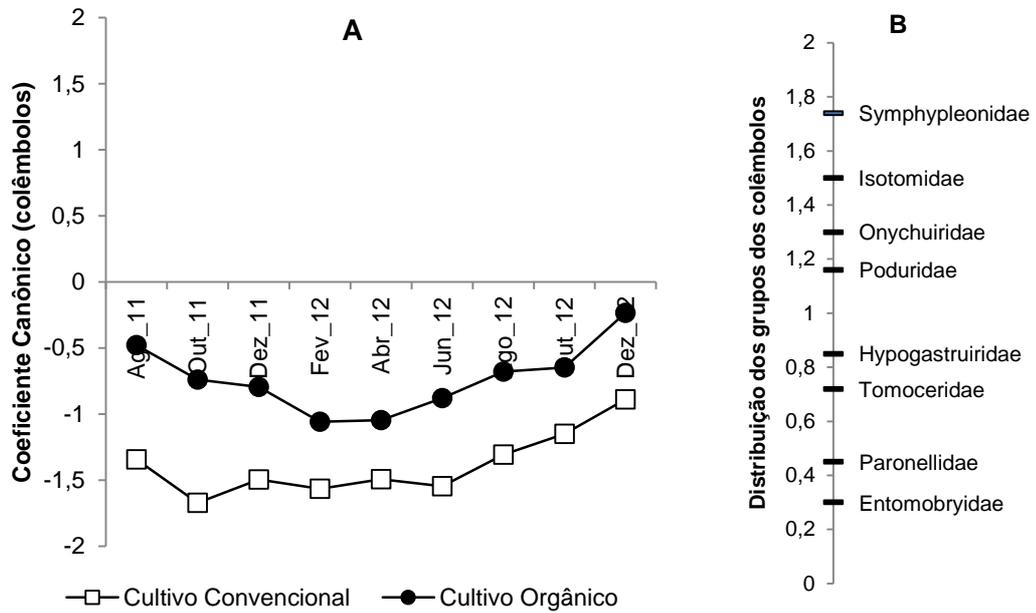


Figura 4.5. Curvas de resposta principal (CRP) dos grupos dos colêmbolos. (a) diagrama de CRP, mostrando os efeitos negativos dos sistema ao longo das avaliações e (b) distribuição das famílias indicando uma associação negativa ou positiva. Montenegro - RS.

4.4. CONCLUSÕES

1. A densidade de ácaros e colêmbolos edáficos foi afetada pela prática de cultivo convencional de citros apresentando potencial para o uso na avaliação das alterações na qualidade biológica do solo.
2. Os ácaros dos gêneros *Tyrophagus*, *Neocunaxoides*, *Eupodes*, *Oribatida* e *Bimichaelia* podem ser usados como indicadores na avaliação da qualidade biológica do solo em áreas sob cultivo convencional de citros.
3. Os colêmbolos das famílias Symphypleonidae, Tomoceridae, Hypogastruridae, Paronellidae e Poduridae podem ser usados como indicadores na avaliação da qualidade biológica do solo em áreas sob cultivo convencional de citros.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-MENEZES, E. L. et al. Ácaros: taxonomia, bioecologia e sua importância agrícola. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2007.

AL-ASSIUTY, A. I. M.; KHALIL, M. A.; ABDEL-LATEIF, H. M. Effects of dry sludge application on soil microarthropod communities in a reclaimed desert ecosystem. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, n. 5, p. 567–578, 2000.

ANDRÉS, P. Ecological risks of the use of sewage sludge as fertilizer in soil restoration: effects on the soil microarthropod populations. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 10, n. 1, p. 67 – 77, 1999.

ASTRÖM, J.; BENGTSSON, J. Patch size matters more than dispersal distance in a mainland-island metacommunity. **Oecologia**, Heidelberg, v. 167, p. 747–757, 2011.

AZPIAZU, M. D. et al. Clave dicotómica para la determinación de los colémbolos de Cuba (Hexapoda: Collembola). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa**, Zaragoza, v. 34, p. 73 – 83, 2004.

BEHAN-PELLETIER, V. M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 411 - 423, 1999.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola**. Disponível em: < <http://www.collembola.org>>. Acesso em: 01 fev. 2014.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 77.

BROWN, M. W.; ADLER, C. R. L. Community structure of phytophagous arthropods on apple. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 18, n. 4, p. 600

– 607, 1989.

BRUCKNER, A. Temperature variability and fluctuation in the humus layer of a temperate deciduous forest in spring: implications on the resident fauna. **Die Bodenkultur**, Wien, v. 49, n. 4, p. 229–237, 1998.

CASTRO, T. M. M. G. DE; MORAES, G. J. de. Mite diversity on plants of different families found in the Brazilian Atlantic forest. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 774 - 782, 2007.

CHAGNON, M.; HÉBERT, C.; PARÉ, D. Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to humus type and seasonal trends. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, n. 2, p. 148–174, 2000.

CHAUVAT, M.; ZAITSEV, A. S.; WOLTERS, V. Successional changes of Collembola and soil microbiota during forest rotation. **Oecologia**, Heidelberg, v. 137, p. 269–276, 2003.

CLUZEAU, D. et al. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 49, p. 63 - 72, 2012.

CROSSLEY JR., D. A. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 40, p. 37–46, 1992.

CROUAT, Y.; CHENON, P.; GISCLARD, C. The use of *Folsomia candida* (Collembola, Isotomidae) for the bioassay of xenobiotic substances and soil pollutants. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 12, n. 2, p. 103 - 111, 1999.

DÍAZ, A. et al. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 85–113, 2000.

DOLES, J. L.; ZIMMERMAN, R. J.; MOORE, J. C. Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado, USA. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 83–96, 2001.

DRESCHER, M. S. et al. Fauna epigeica em sistemas de produção de *Nicotiana tabacum* L. Revista **Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1499 - 1507, 2011.

EDWARDS, C. A.; FLETCHER, K. E. A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods, In: J. PHILLIPSON (ED.). **Methods of study in quantitative soil ecology**: population, production and energy flow. Oxford, Edinburgh: Blackwell Scientific Publications, 1971. 297p. (IBP Handbook n° 18). p. 150-180.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. edição. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FJELLBERG, A. **The Collembola of Fenooscandia and Denmark. Part II: Entomobryomorpha and Symphypleona**. Brill, Leiden, The Netherlands: [s.n.], 2007. p. 263.

FRANKLIN, E.; SANTOS, E. M. R.; ALBUQUERQUE, M. I. C. Edaphic and arboricolous oribatid mites (Acari; Oribatida) in tropical environments: changes in the distribution of higher level taxonomic groups in the communities of species. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 67, n. 3, p. 447–458, 2007.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, College Station, Texas, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HOPKIN, S. P. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. 1º ed. New

York: Oxford University Press, 1997. p. 322

JOSÉ, J. B. S.; RIEFF, G. G.; SÁ, E. L. S. Mesofauna edáfica e atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura do tabaco. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 19, p. 56–66, 2013.

KARG, W.; FREIER, B. **Parasitiforme Raubmilben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen**. Berlin: Blackwell, 1995. 96 p.

KASUGA, S.; AMANO, H. Seasonal prevalence and susceptibility to agrochemicals of *Tyrophagus similis* (Acari: Acaridae) in spinach buds and agricultural soil under greenhouse conditions. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 30, p. 279–288, 2003.

KAUTZ, T.; LÓPEZ-FANDO, C.; ELLMER, F. Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long-term field experiment in Central Spain. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 278–285, 2006.

KOLLER, O. C. **Citricultura - Laranja, Limão e Tangerina**. Porto Alegre: Rigel, 1994. p. 446.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock, Texas: Tech University Press, 2009. 807 p.

LENIHAN, J. M. A.; FLETCHER, W. W. **Food, agriculture, and the environment**. New York: Academic Press,, 1976. p. 130

MCDANIEL, B.; BOLEN, E. G. Mites of the family Pachygnathidae (Acari: Endeostigmata) from Texas. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, v. 85, n. 4, p. 811 - 817, 1983.

MCINTYRE, N. E. et al. Ground arthropod community structure in a

heterogeneous urban environment. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 52, n. 4, p. 257 - 274, 2001.

MINOR, M. A. Spatial patterns and local diversity in soil oribatid mites (Acari: Oribatida) in three pine plantation forests. **European Journal of Soil Biology**, Paris, 47, 122–128, 2011.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. 1º ed. Ribeirão Preto: Holos, 2008. p. 288.

MORAES, J. et al. Species diversity of edaphic mites (Acari: Oribatida) and effects of topography, soil properties and litter gradients on their qualitative and quantitative composition in 64 km of forest in Amazonia. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 55, n. 1, p. 39 - 63, 2011.

NATAL-DA-LUZ, T.; RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P. Avoidance test in site site-specific risk assessment - Influence of soil properties on the avoidance response of Collembola and earthworms. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 27, n. 5, p. 1112–1117, 2008.

OMOTO, C.; ALVES, E. B.; RIBEIRO, P. C. Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao Dicofol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 757–764, 2000.

OLIVEIRA, C. A. L.; CAMPOS, R. R.; FERNANDES, C. B. Efeito de diferentes volumes de calda no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) em Citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, n.1, p. 117–124, 1998.

PARDAL, M. A. et al. Assessing environmental quality: a novel approach. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf, v. 267, p. 1 - 8, 2004.

PARISI, V.; et al. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 105, p. 323–333, 2005.

PETRY, H. B. **Sistemas de cultivo orgânico e convencional de laranjeiras ‘valência’ em Montenegro-RS**. 2012. 131f. Dissertação (Mestrado) – Program de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PONGE, J. F. Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystems. **Pedobiologia**, Jena, v. 37, n. 4, p. 223–244, 1993.

POSTMA-BLAAUW, M. B. de et al. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. **Ecology**, Amsterdam, v. 91, n. 2, p. 460 - 73, 2010.

POSTMA-BLAAUW, M. B. de et al. Agricultural intensification and de-intensification differentially affect taxonomic diversity of predatory mites, earthworms, enchytraeids, nematodes and bacteria. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 57, p. 39 - 49, 2012.

PRINCZ, J. I. et al. Oribatid mites in soil toxicity testing - The use of *Oppia nitens* (C.L. KOCH) as a new test species. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 29, n. 4, p. 971–979, 2010.

REIS, P. R. et al. Distribuição espacial do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 177 – 183, 2000.

RIEFF, G. G. **Monitoramento de ácaros e colêmbolos como potenciais indicadores biológicos de qualidade do solo**. 2010. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS,

2010.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353 - 359, 2008.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Comparação das comunidades de Sminthuroidea e Onychiuridae (Collembola) entre plantio direto em três níveis de fertilidade , plantio convencional e um ecossistema natural (campo nativo). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 125 – 131, 1999.

SMILEY, R. L. A Generic Revision of the Mites of the Family Cunaxidae (Acarina). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 68, n. 2, p. 227 - 244, 1975.

SOUTO, P. C. et al. Comunidade microbiana e mesofauna edáfica em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 151 - 160, 2008.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and user's guide to canono for Windows**: software for canonical community ordination. Ithaca, NY: Microcomputer Power, 1998.

VREEKEN-BUIJS, M. J.; HASSINK, J.; BRUSSAARD, L. Relationships of soil microarthropod biomass with organic matter and pore size distribution in soils under different land use. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 30, n. 1, p. 97–106, 1998.

WALTER, D. E.; HALLIDAY, R. B.; LINDQUIST, E. E. A review of the genus *Asca* (Acarina: Ascidae) in Australia, with descriptions of three new leaf-inhabiting species. **Invertebrate Taxonomy**, East Melbourne, v. 7, n. 6, p. 1327 – 1347, 1993.

WALTER, D. E.; HUDGENS, R. A.; FRECKMAN, D. W. Consumption of nematodes by fungivorous mites, *Tyrophagus spp.* (Acarina: Astigmata: Acaridae). **Oecologia**, Heidelberg, v. 70, p. 357–361, 1986.

ZAITSEV, A. S. et al. Oribatid mite diversity and community dynamics in a spruce chronosequence. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 34, p. 1919 - 1927, 2002.

ZEPPELINI, D. et al. M. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 18, n. 5, p. 1161 - 1170, 2008.

ZEPPELINI, D. F.; BELLINI. B. C. Two *Seira* Lubbock 1869 (Collembola, Arthropleona, Entomobryidae) new to science, with remarkable secondary sexual characters. **Zootaxa**, Auckland, v.1185, p. 21 – 35, 2006.

5. CAPÍTULO IV – DINÂMICA DE ÁCAROS E COLÊMBOLOS NA SERAPILHEIRA E NO SOLO DE ÁREAS SOB SISTEMAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE CITROS

5.1. INTRODUÇÃO

Nos ecossistemas florestais, os resíduos orgânicos de origem vegetal ou animal, se acumulam na superfície do solo e são degradados pelos organismos edáficos. Os diversos processos de decomposição que ocorre no solo, possibilita a transferência dos nutrientes, contidos nos resíduos para as plantas. Esta camada orgânica presente na superfície do solo, oferecem espaços para o habitat e desenvolvimento de uma ampla diversidade da biota edáfica (Scheu et al., 2003). A serapilheira contribui para a redução das variações de temperatura, protegendo os organismos mais susceptíveis (Bruckner, 1998). Além disso, as características físicas e químicas do solo e a qualidade e quantidade de serapilheira, podem influenciar na dinâmica dos organismos no perfil do solo (Souto, 2006).

Os estágios da decomposição da matéria orgânica contribuem para a distribuição espacial e temporal dos micro-artrópodes, influenciados pelas ofertas de alimentos e de proteção contra predadores (Usher et al., 1982). Mas, a ocupação de organismos na camada superior ou inferior do solo, também podem estar associada com as características intrínsecas de cada indivíduo. O tamanho corporal, os hábitos alimentares, a atividade biológica e a morfofisiologia são fatores que caracterizam os grupos em habitar determinados nichos e camadas do perfil do solo (Hopkin, 1997; Coleman et al., 2004). As alterações no solo ocasionadas pelas práticas culturais, sistemas de plantio e entre outros, influenciam na composição de resíduos no solo e na

distribuição da fauna no perfil do solo (Ducarme et al., 2004). Entre as práticas agrícolas que causam alterações na biota do solo está o manejo convencional (Sampaio et al., 2008). Dentro deste sistema de manejo, está o plantio direto, que mantém grande quantidade de material orgânico na superfície do solo, fornecendo uma ampla diversidade de alimentos para os micro-artrópodes edáficos (Garrett et al., 2001). No entanto, o impacto na dinâmica da diversidade edáfica, em relação ao sistema de cultivo, pode ser intensificado, isto, dependendo da localização dos micro-artrópodes no perfil (Fox et al., 1999).

De acordo com Behan-Pelletier, (1999), os ácaros e colêmbolos apresentam variados níveis tróficos de ocupação, hábitos reprodutivos e estratégias de dispersão, que os tornam ideais para a avaliação das alterações no solo. Esses micro-artrópodes têm sido usados em pesquisas, cujo foco é avaliar e quantificar as alterações no ecossistema causadas pelos sistemas de manejo (Ponge et al., 2003; Parisi et al., 2005; Cluzeau et al., 2012), também são utilizados em testes ecotoxicológicos (Fountain & Hopkin, 2005; Oliveira et al., 2007; Natal-da-Luz et al., 2011). Embora, os estudos com ácaros e colêmbolos serem importantes, não há conhecimento sobre a distribuição desses organismos no perfil do solo (Cluzeau et al., 2012).

Com base nisso, as alterações na composição da serapilheira causadas pelos diferentes sistemas de manejo do solo, podem afetar a estrutura da biota do solo e conseqüentemente a diversidade de ácaros e colêmbolos. A compreensão dos impactos na biodiversidade, causados pelas mudanças nas práticas de uso da terra, em escalas espaciais e temporais, é essencial para o desenvolvimento e implementação de medidas eficazes de proteção do ecossistema (Sousa et al., 2006). Assim, a partir do monitoramento da abundância das comunidades de ácaros e colêmbolos no perfil pode-se avaliar as alterações na dinâmica ecológica ocasionadas pelos sistemas de manejo.

Dentro da proposta de estudo da dinâmica de ácaros e colêmbolos, o monitoramento da distribuição espacial e temporal dos micro-artrópodes na serapilheira e solo é uma adequada ferramenta de estudo ecológico. A compreensão destes fatores, pode auxiliar nas avaliações dos micro-artrópodes e suas relações com as alterações no solo. Os objetivos deste

trabalho, foram: a) observar a dinâmica dos ácaros e colêmbolos na serapilheira e solo durante as estações do ano; b) avaliar a influência dos sistemas de manejo do citros na distribuição espacial dos micro-artrópodes edáficos na serapilheira e solo e durante as estações no ano e c) avaliar efeito do uso do solo (cultivo convencional e orgânico do citros e mata nativa) sobre o deslocamento das famílias de micro-artrópodes entre a camada de serapilheira e o solo das áreas estudadas.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens de solo e serapilheira foram realizadas em três áreas (cultivo de citros convencional e orgânico) e mata nativa pertencentes à Cooperativa dos Citricultores Ecológicos do Vale do Caí, no município de Montenegro (RS). O tratamento experimental de citros sob sistema de cultivo convencional está localizado nas coordenadas 29°42'44.42" S e 51°28'34.96" O. A área experimental sob o cultivo orgânico de citros está localizada nas coordenadas 29°42'52.81" S e 51°28'28.80"O. A área de mata nativa foi utilizada como referência para a identificação das comunidades da mesofauna edáfica nativa, (29°42'40.21"S e 51°29'3.47"O). A área de mata nativa possui um tamanho de 3.000 m², formada principalmente pelas espécies *Myrceugenia* sp. (cambuim), *Luehea divaricata* Mart. (Açoita-cavalo), *Fagara* sp. (mamica-de-cadela), entre outras espécies, encontrando-se no estágio secundário de desenvolvimento.

O solo no local do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico espessarênico (Embrapa, 2006). O clima da região é subtropical úmido de verões quentes, do tipo Cfa segundo a classificação de Köppen (Bergamaschi et al., 2003). Para a caracterização química dos solos das três áreas (Tabela 5.1), foram retiradas amostras da camada de 0 a 20 cm e enviadas ao Laboratório de Análise de Água e Solo da UFRGS.

Tabela 5.1. Características químicas de solos (0 – 20 cm) dos tratamentos de citros sob sistema de cultivo convencional e orgânico e também um área de mata nativa. Montenegro – RS.

| Amostras de solos | pH | P | K | MO | Al +H | Al | Ca | Mg | CTC |
|----------------------|-----|--------------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|------|
| | | mg/dm ³ | | % | -----cmol _c /dm ³ ----- | | | % | |
| Cultivo Convencional | 5,7 | 40 | 50 | 1,5 | 5,8 | 0,4 | 2,5 | 0,8 | 13,8 |
| Cultivo Orgânico | 7,0 | 90 | 70 | 3,5 | 7,2 | 0,3 | 6,5 | 1,0 | 10,8 |
| Mata Nativa | 6,1 | 7,1 | 130 | 5,1 | 19,7 | 5,2 | 2,7 | 1,4 | 20,8 |

5.2.1. Descrição das áreas experimentais

As áreas sob sistemas de cultivo de citros convencional e orgânico foram instaladas em julho de 2001, sendo cultivadas com laranjeiras 'Valência'

(*Citrus sinensis* (L.) Osb.) pelo grupo de pesquisas do Departamento de Fitotecnia da UFRGS. No tratamento sob cultivo convencional, realizaram-se aplicações de adubações químicas e de agroquímicos, conforme descrito em Koller, (1994). Para adubação de manutenção foi realizada aplicações do formulado NPK 20-00-20 na dosagem de 0,8 kg planta⁻¹ por ano. A correção do pH foi realizada com calcário dolomítico na dose de 6 t ha⁻¹, e, após, foram incorporados por uma lavração seguida de uma gradagem (Petry, 2012). O herbicida utilizado foi o glifosato na dose de 4 L ha⁻¹, aplicado de duas a três vezes ao ano. No tratamento sob cultivo orgânico aplicou-se composto orgânico sólido (pH 5,9, carbono orgânico 14%, nitrogênio 1,5%) e também na forma líquida (pH 8,7, carbono orgânico 42%, nitrogênio 2,8%) conforme descrito em Petry, (2012). E para o controle de pragas, foram realizadas aplicações de calda bordalesa de 0,25% a 0,5%, para controle preventivo do cancro cítrico (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) e pinta preta (*Guignardia citricarpa*).

5.2.2. Amostragens das camadas da serapilheira e do solo

As coletas foram realizadas no inverno e na primavera de 2011, no verão, outono, inverno e primavera de 2012 e no verão e outono de 2013. Para o monitoramento das famílias de ácaros e colêmbolos foi desenvolvido um esquema de amostragem que consistiu da coleta de amostras em quatro pontos em linha, com 15 metros de distância entre si e com 1,25 metros de distância entre as plantas de citros. Os pontos de amostragem foram georeferenciados.

Para fins deste trabalho, considerou-se como serapilheira a camada superior do solo incluindo a camada de cobertura morta, em diversos estágios de decomposição, até 2,5 cm de profundidade. Como camada de solo foi considerada a parte da amostra coletada na profundidade de 2,5 até 10 cm de profundidade. As amostragem foram realizadas em cada estação do ano, sendo retiradas 8 amostras por área, constituindo-se de 4 da serapilheira e 4 de solo e totalizando 192 amostras.

As amostragens foram realizadas inserindo-se no solo cilindros metálicos de 7,5 cm de altura e 7,0 cm de diâmetro e com um volume total de 288,48 cm³. Primeiramente, o cilindro foi introduzido no solo até 2,5 cm de

profundidade, para a coleta da serapilheira, que foi imediatamente retirada, identificada e acondicionada em sacos plásticos. Após, o cilindro foi inserido no mesmo local e prosseguiu-se para a amostragem da camada de solo, de 2,5 a 10 cm. O cilindro foi introduzido com auxílio de um martelo pedológico, as sondas com o solo foram identificadas e envoltas em plástico especial. Todas as amostras da serapilheira e do solo foram acondicionadas e mantidas em recipiente com temperatura controlada até o procedimento de extração em laboratório.

5.2.3. Extração e captura de ácaros e colêmbolos

Os ácaros e colêmbolos presentes nas amostras de serapilheira e de solo foram extraídos utilizando-se o método do funil de Berlese-Tullgren. A serapilheira foi acondicionada em cilindros com uma rede plástica de 15 x 15 cm e de malha de 2 mm colocada na parte inferior. Os cilindros contendo as amostras de solo, também apresentavam redes plásticas na base. A rede visa reduzir a queda de sedimentos indesejados nos frascos coletores.

Os cilindros compostos de amostras da serapilheira e do solo, foram colocados sobre um funil, e na base, recipientes coletores com 20 mL de uma solução contendo álcool 70% e 1% glicerol. As amostras foram colocadas em um lampadário construído em uma estante metálica contendo duas linhas paralelas com 6 lâmpadas elétricas de 40 W. As lâmpadas foram controladas com um “dimmer”, que tem como objetivo, modular a intensidade luminosa e o calor. Esta técnica consiste em fornecer luz e calor sobre as amostras, criando-se uma condição repelente forçando o deslocamento dos organismos para parte inferior do funil. A capacidade do equipamento extrator de micro-artrópodes edáficos é de 36 unidades por vez. As amostras permaneceram no lampadário por 7 dias submetidas a uma temperatura de $38 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

5.2.4. Identificação taxonômica dos ácaros e colêmbolos

Após a extração e captura dos ácaros e colêmbolos das amostras de solo, foram realizadas a contagem e a separação dos espécimes com auxílio de microscópio estereoscópio (40x). Os espécimes foram fixados em lâminas de microscopia com um gota de meio de Hoyer (Moraes & Flechtmann, 2008). As lâminas foram identificadas com os dados dos locais e data de

amostragem. Então, com auxílio de literatura específica de taxonomia, observaram-se as características morfológicas, que suportaram o embasamento para a identificação das espécimes. Para a classificação dos ácaros foram utilizadas as referências bibliográficas (Moraes & Flechtmann, 2008; Krantz & Walter, 2009) e para os colêmbolos (Hopkin, 1997; Azpiazu et al., 2004; Bellinger et al., 2012).

5.2.5. Atividade e diversidade funcional dos colêmbolos

Para a determinação da atividade funcional, consideraram-se as características morfológicas ligadas a adaptação de cada uma das espécimes de colêmbolos, e também a sua função no ambiente do solo. Este índice foi calculado, somando-se os escores de traços individuais, tendo como base uma tabela de valores, onde são levados em consideração características como: tamanho da antena, presença ou ausência de fúrcula, presença de pelos e de pigmentação (Tabela 5.3).

Tabela 5.2. Características morfológicas ligadas a adaptação dos colêmbolos ao ambiente do solo, adaptado de Vandewalle et al., (2010).

| | Valores | | |
|-----------------------|------------------------------|--|---|
| | 0 | 2 | 4 |
| Olhos | presente | - | Ausente |
| Comprimento da antena | maior que o tamanho do corpo | Variando entre a metade e toda extensão corporal | Menor ou igual a metade do tamanho do corpo |
| Fúrcula | bem desenvolvidas | reduzidas ou curtas | ausentes |
| Pelos | Presentes | Ausentes | - |
| Pigmentação | Pigmentados c/ padrão | Pigmentados s/ padrão | Ausentes |

A diversidade funcional (DF) foi calculada com base nas características referentes aos valores dos índices da atividade funcional. Nesse índice é levado em consideração a diversidade de funções dos colêmbolos de uma determinada amostra. A atividade e diversidade funcional ajudam a compreender os processos que determinam o funcionamento das comunidades

dentro de cada ecossistema.

5.2.6. Análise estatística dos dados

Os parâmetros ecológicos, como a distribuição, diversidade e classificação taxonômica das famílias capturadas nas amostras na serapilheira e no solo foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Os valores foram testados quanto à normalidade da variância, usando-se os testes de Kolmogorov - Smirnof, F e de Bartlett. Os dados de contagem de ácaros e colêmbolos foram transformados, usando-se a equação $\sqrt{x+1}$. Para comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Todas as análises de variância (ANOVA) e de correlação foram realizadas usando-se o programa Statistica 7.0 (<http://www.statsoft.com/>). A abundância dos espécimes foram extrapolados para números de indivíduos por metro quadrado.

Para as análises multivariadas das famílias, foram utilizados a abundância de ácaros e colêmbolos presentes na serapilheira e do solo. Este dados foram utilizados para construir a tabela e a matriz de dados. A análise de componentes principais (ACP), foi calculada com o programa estatístico CANOCO (Ter Braak & Smilauer, 1998). As análises de componentes principais resumem as variáveis ambientais em um pequeno número de componentes para analisar as relações das comunidades com os sistema de manejo.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Ácaros na serapilheira e no solo

Foi capturado nas amostras da camada da serapilheira um total de 848 ácaros e no solo 567 organismos, totalizando 1.415 espécimes de microartrópodes. Este estudo destaca o fenômeno da distribuição espacial e temporal das comunidades de ácaros nas camadas da serapilheira e do solo. Primeira e de importância geral, estão as influências dos sistemas de cultivos do citros nas densidades desses grupos. No entanto, na maior parte do período amostral não foram verificadas diferenças estatísticas ($P < 0,05$), entre as áreas sob cultivo de citros e mata nativa para a densidade de ácaros na serapilheira (Figura 4.1).

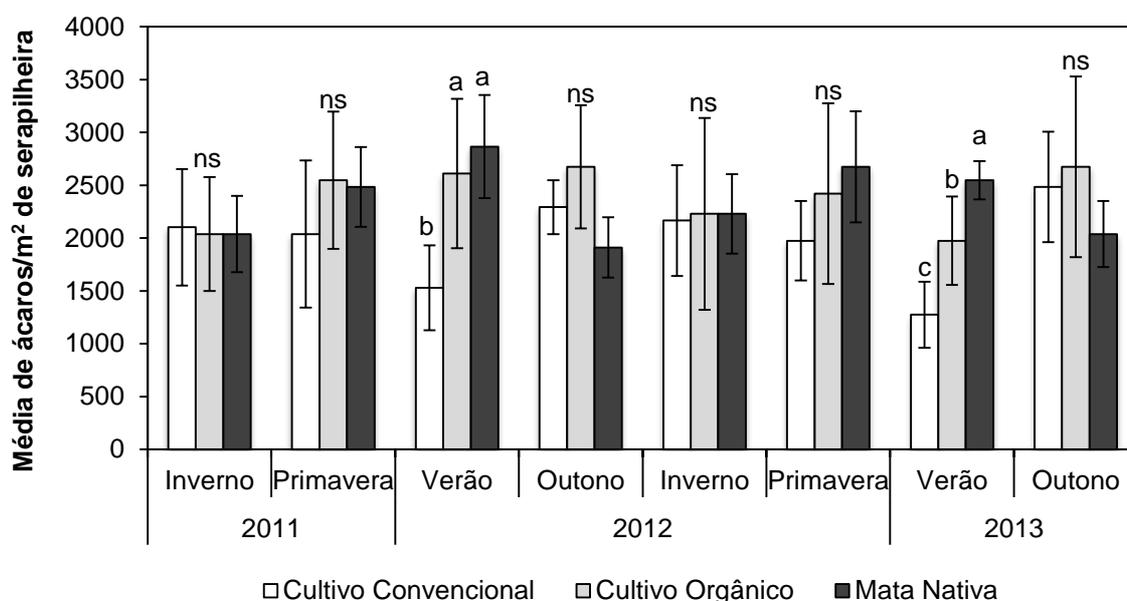


Figura 5.1. Números médios de ácaros/m² de serapilheira nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS.

A quantidade de ácaros por metro quadrado de serapilheira foi estimada em 1.982 ± 455 sob cultivo convencional, 2.396 ± 689 sob sistema orgânico e 2.349 ± 363 ácaros/m² na mata nativa. A densidade de ácaros na serapilheira na área sob cultivo convencional diferiu da mata nativa durante a estação do verão (Figura 4.1). O mesmo não foi observado na serapilheira do

cultivo orgânico, que diferiu dos valores da mata nativa apenas no verão de 2013. Os organismos edáficos são sensíveis as altas variações dos fatores abióticos, e em áreas de matas nativas encontram-se maiores de proteções, especialmente no verão, quando as condições de temperatura e umidade do solo tendem a ser mais extremas (Antunes et al., 2008). Esse pode ter sido os fatores que contribuíram para o baixo números de ácaros sob cultivo convencional de citros. Quanto as observações na densidade de ácaros na camada de solo, verificou-se uma densidade estimada de 1.242 ± 410 ácaro/m² de solo sob cultivo convencional, 1.584 ± 425 no cultivo orgânico e de 1.689 ± 309 na mata nativa. Do total da abundância relativa de ácaros capturados em cada área, verificou que 38,5% foram nas camadas de solo e serapilheira sob cultivo convencional, 39,8% no orgânico 41,6% e na mata nativa.

As influências dos sistemas cultivo sobre a densidade de ácaros na serapilheira durante a estação do verão não foram observadas na camada do solo (Figura 5.2). As menores densidades de ácaros na camada de solo na área sob cultivo convencional de citros, em comparação com os demais tratamentos, foram no inverno de 2011 e no outono de 2013. Apenas no outono de 2013, as densidades de ácaros na camada de solo sob cultivo orgânico de citros se diferiram dos valores da mata nativa, Tukey 5% (Figura 5.2). O outono é caracterizado pela queda das folhas, contribuindo para a oferta de alimento e favorecendo o aumento dos números de grupos funcionais (Andrade et al., 2001). Provavelmente, este comportamento dos micro-artrópodes se deve pela maior adição de material orgânico na mata nativa em relação aos sistema de cultivos de citros. A densidade e diversidade dos micro-artrópodes são influenciados por propriedades dos ambientes e pela ação do homem, em alguns exemplos específicos, como: a intensificação da agricultura (Beare et al., 1997).

Também podemos inferir, em um provável deslocamento dos ácaros na camada de solo para serapilheira no período do outono, nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros. Esta observação pode ser justificada com base na redução de ácaros no solo e aumento na camada de serapilheira. No sistema cultivo convencional a serapilheira apresentou uma densidade média estimada de 1.274 no verão passando para 2.484 no outono de 2013. E na camada de solo desse sistema cultivo, os ácaros capturados no

verão foram 1.083, passando para 882 indivíduos no outono. Na mesma lógica, o cultivo orgânico na serapilheira passou de 1.974 ácaros no verão para 2.675 no outono e na camada de solo 1.464 no verão e 1.210 no outono de 2013 (Figura 5.1 e 5.2).

Também deve-se considerar que o aumento de resíduos orgânicos na superfície favorece a oferta de alimento e a reprodução da biota do solo. Ou seja, o maior número de ácaros capturados, não podem ser justificado apenas pelo deslocamento da camada solo para a serapilheira. Em um estudo de levantamento de diversidade de ácaros em cultivo de citros, foram verificadas as maiores abundâncias de espécies no período do outono (Albuquerque, 2006). Foram claras as interações dos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico sobre a dinâmica dos ácaros na serapilheira e no solo no período do verão e outono.

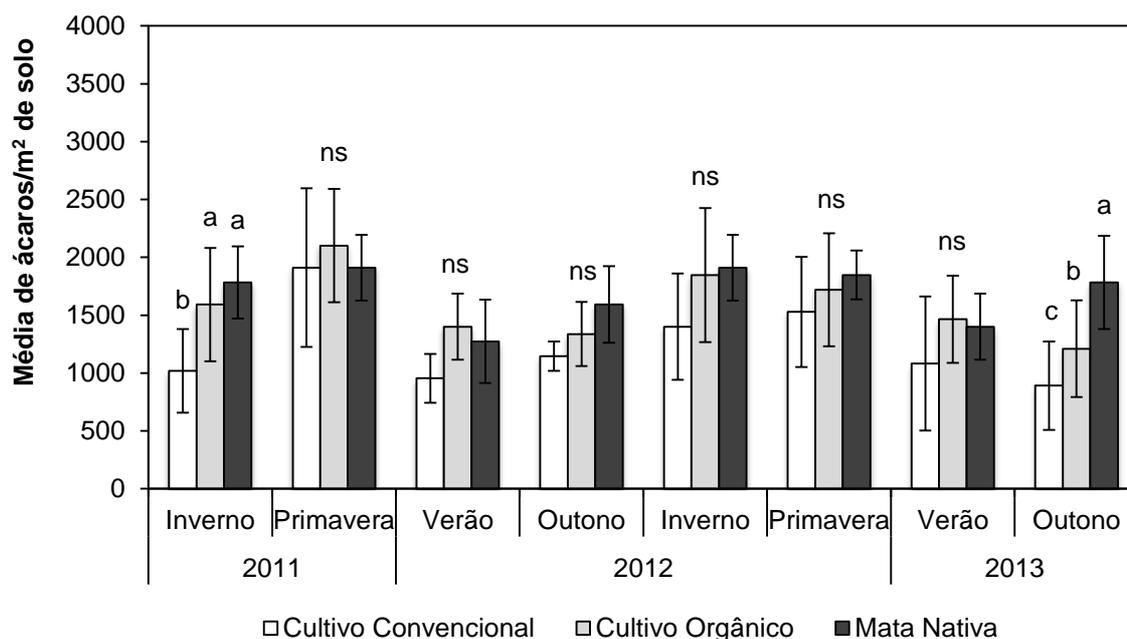


Figura 5.2. Números médios de ácaros/m² de solo nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS.

5.3.2. Colêmbolos na serapilheira e no solo

Foram capturados nas amostras da serapilheira um total de 529 colêmbolos e 399 na camada do solo, totalizando 929 micro-artrópodes. Em

termos de densidade por metro quadrados de serapilheira, estimou-se uma média de 828 ± 215 sob cultivo convencional, 1.480 ± 465 no orgânico e 1.902 ± 342 colêmbolos/m² na nativa.

Diferentemente do que foi observado nos ácaros na serapilheira, a densidade de colêmbolos nas áreas avaliadas diferiram praticamente em todas as estações no ano, com exceção do inverno (Figura 5.3). No período do verão onde foram verificadas as maiores diferenças nas comunidades de colêmbolos na serapilheira sob cultivo convencional com a mata nativa. Nessa estação capturaram-se uma média estimada de 446 ± 211 colêmbolos/m² de serapilheira (verão de 2012) e 318 ± 110 (verão de 2013). Para os mesmos períodos a mata nativa foram extraídos das amostras de serapilheira 2.357 ± 377 colêmbolos/m² (verão de 2012) e 2.293 ± 477 (verão de 2013).

O período do verão também observou menor densidade de colêmbolos na serapilheira do sistema cultivo orgânico em comparação com a mata nativa. No entanto, as condições adotadas para o cultivo orgânico de citros, favoreceram as comunidades de colêmbolos na serapilheira em relação ao cultivo convencional, extraíndo um maior número de indivíduos. No aspecto ecológico, podemos compreender que as ações dos sistemas de cultivo convencional e orgânico sobre a dinâmica dos colêmbolos.

Ao analisar os colêmbolos podemos observar que as perturbações proposta pelos sistemas de manejo, estão além das interações associada à sazonalidade (Rebek et al., 2002). Em termos de densidades estimadas de colêmbolos na camada de solo, foi de 756 ± 264 indivíduos/m² sob cultivo convencional, 1.043 ± 356 no orgânico e 1.369 ± 269 na nativa. Do total de colêmbolos capturados em cada área, verificou que 47,7% sob cultivo convencional, 41,3% orgânico 42% mata nativa estiveram presentes na camada do solo. A maior diversidade de colêmbolos foi na camada da serapilheira, provavelmente pode estar relacionada como o hábito alimentar desse grupo.

Diferentemente do que foi observado com os colêmbolos na camada da serapilheira, a densidade média de organismos na camada de solo não diferiram entre os sistemas de cultivo e mata nativa no verão e outono de 2012 e 2013 (Figura 5.4). Na área sob cultivo convencional foi verificado uma diminuição na densidade de colêmbolos na serapilheira de 764 indivíduos/m² na

primavera de 2012 para 446 no verão de 2012. Nesse mesmo período observou que a densidade de colêmbolos na camada de solo foi de 701 na primavera de 2012 para 955 indivíduos/m² no verão de 2012 (Figura 5.4). Este possível deslocamento das comunidades de colêmbolos da camada de serapilheira para o solo no verão foi mais perceptíveis para as amostras do sistema sob cultivo convencional.

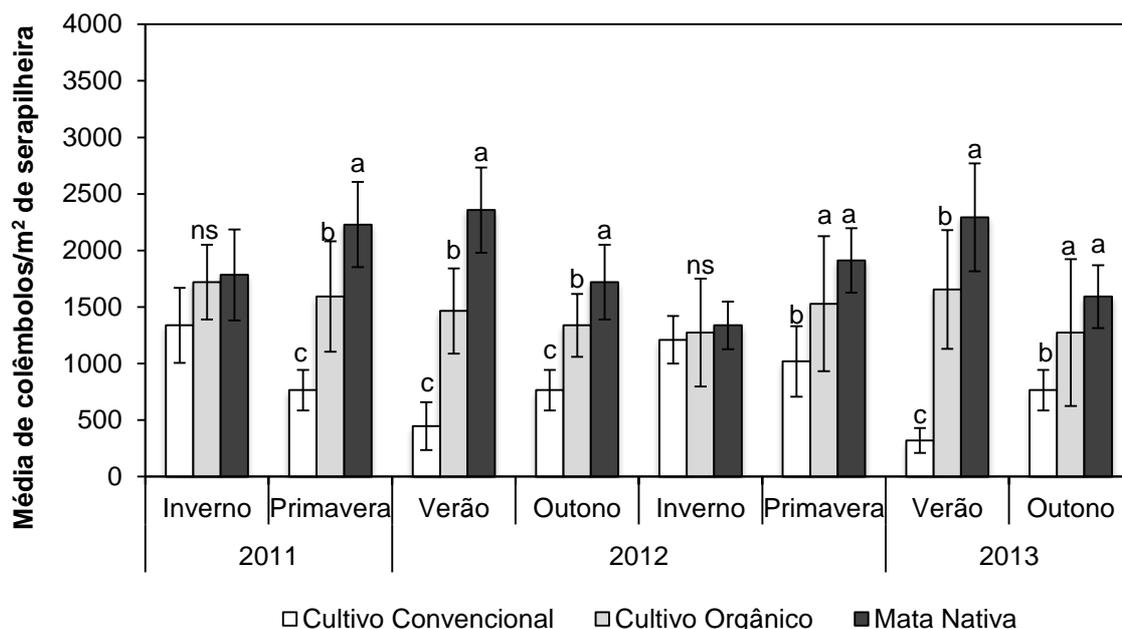


Figura 5.3. Números médios de colêmbolos/m² de serapilheira nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS.

A densidade de colêmbolos na camada de solo, na área de mata nativa, foi superior ao obtido nas amostras sob cultivo de citros, para os períodos do inverno e da primavera de 2011 e 2012 (Figura 5.4). A densidade de colêmbolos na serapilheira e no solo nos tratamentos sob cultivo de citros, observaram interações intrínsecas de cada sistema, sendo maiores ou menores dependendo do período. Com estas análises, possibilitaram observar de forma adequada, a dinâmica dos ácaros e colêmbolos na serapilheira e solo, durante as estações do ano. A intensificação na agricultura tem efeito na biodiversidade edáfica e muitas vezes de forma não instantânea, sendo perceptível posteriormente a ação no solo (Beare et al., 1997). Com isso, as

avaliações por um longo período, podem apresentar resultados mais confiáveis e claros, analisados pelas interações biológicas dos micro-artrópodes com as alterações no solo.

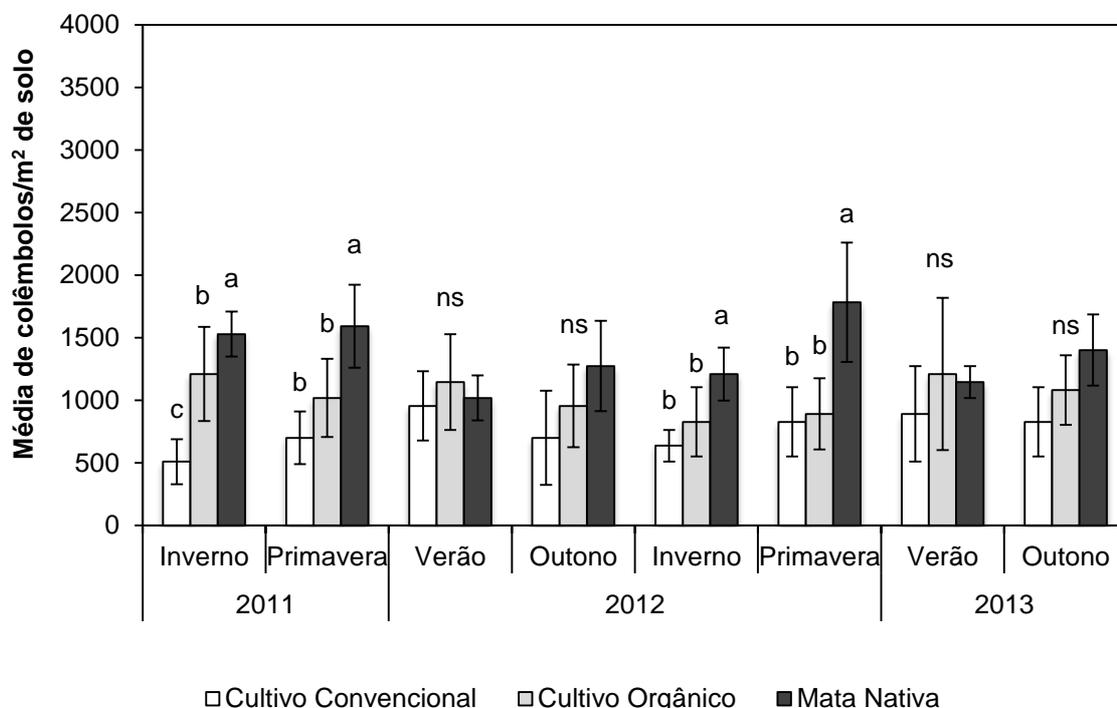


Figura 5.4. Números médios de colêmbolos/m² de solo nas áreas sob cultivo convencional e orgânico de citros e mata nativa. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Montenegro – RS.

5.3.3. Identificação taxonômica dos ácaros edáficos

Foram identificadas 20 famílias e 9 gêneros de ácaros, ao verificar a classificação taxonômica, constatamos a distribuição específicas dos táxons em relação aos tratamentos (Tabela 5.3). No grupo dos ácaros, os mais abundantes foram o gênero *Oribatida* com uma média de 2.267 ácaros/m² nas amostras do cultivo convencional, 3.949 no cultivo orgânico e 3.337 na área de mata nativa na camada da serapilheira e no solo. No entanto, a densidade total do ácaros oribatídeos foi significativamente maior nas amostras de mata nativa e sistema de cultivo orgânico apenas na camada de serapilheira (Tabela 5.3). Provavelmente, a presença em maior quantidade nas amostras da serapilheira na área de cultivo orgânico em relação ao convencional pode esta associada a

características dos sistemas de cultivos. Os oribatídeos estão associados habitats florestais, principalmente pelo acúmulo de matéria orgânica na superfície no sistema (Lindo & Winchester, 2006). A mata nativa apresentou maiores densidades de ácaros na camada de serapilheira entre os táxons abundantes foram o gênero *Eupodes* e a família Phthiracaridae. E na camada de no solo (área de mata nativa) foram as ordens Mesostigmatas e Prostigmatas e as famílias Penthalodidae e Rhagididae (Tabela 5.3). Os ácaros eupodes são terrestre e presentes distribuídos em área de matas (Olivier & Theron, 1997). Isso mostra como esta a dinâmica dos táxons sem interferência antrópica.

Abordando a camada da serapilheira sob cultivo orgânico de citros, os ácaros capturados em maior número foram os pertencentes ao gênero *Neocunaxoides* (Tabela 5.3). E na camada de solo na área sob cultivo orgânico a maior densidade foram dos ácaros dos gêneros *Neocunaxoides* e *Bimichaelia* e das famílias Phytoseiidae e Uropodidae. Apenas o ácaros da família Cunaxidae (gênero *Neocunaxoides*) foram capturados em maiores quantidade tanto na serapilheira quanto no solo sob cultivo orgânico. Esse gênero de ácaros não foram encontradas nas amostras de serapilheira sob cultivo convencional de citros (Tabela 5.3). Em regra geral, os ácaros da família Cunaxidae são descritos como predadores generalistas, se alimentam de diversas presas, tais como: ácaros fitófagos, colêmbolos e nematóides (Mejía-Recamier et al., 2013). O gênero *Neocunaxoides* estão entre as espécies mais ativas e são encontrados em vários substratos do solo, na serapilheira e nas folhagens associados a espécies fitófagos (Smiley, 1992). As condições do material orgânico no tratamento sob cultivo convencional, podem não ter apresentado condições ideais para o desenvolvimento desse gênero de ácaros. Ao comparar os sistemas manejos de citros pela dinâmica dos ácaros na serapilheira, foi observado a ausência de organismos da gênero *Tyrophagus* e da família Uropodidae no cultivo convencional (Tabela 5.3). Na camada de solo na área sob cultivo convencional não foram capturados ácaros da ordem Mesostigmatas e das famílias Penthalodidae e Uropodidae. No entanto, os Mesostigmata foram capturados nas amostras da camada de serapilheira sob cultivo convencional. Os Mesostigmatas são abundantes nos locais com maior teor de matéria orgânica (Badejo & Ola-Adams, 2000).

Tabela 5.3. Classificação taxonômica e abundância dos ácaros capturados nas amostras de serapilheira e solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e na área de mata nativa. Montenegro – RS.

| Grupo dos Ácaros | | Serapilheira | | | | | | Solo | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|--------------|--------------------|------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------|------------------|------------|--------------------|-------------|--------------------|
| | | Convencional | | Orgânico | | Mata Nativa | | Convencional | | Orgânico | | Mata Nativa | |
| Famílias | Gêneros | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} |
| Acaridae | <i>Rhizoglyphus</i> | 39 | 4,9 ± 1,5 a | 7 | 0,9 ± 1,1b | 14 | 1,8 ± 1,3b | 19 | 2,4 ± 0,5a | 2 | 0,3 ± 0,4b | 5 | 0,6 ± 0,9b |
| Acaridae | <i>Tyrophagus</i> | - | - | 28 | 3,5 ± 0,7a | 24 | 3,0 ± 1,1a | 4 | 0,5 ± 0,9b | 18 | 2,3 ± 0,7a | 21 | 2,6 ± 1,2a |
| Ascidae | <i>Asca</i> | - | - | - | - | 7 | 0,9 ± 1,5 | - | - | - | - | 1 | 0,1 ± 0,3 |
| Cunaxidae | <i>Armascirus</i> | 30 | 3,8 ± 1,0a | 6 | 0,8 ± 1,4b | 2 | 0,3 ± 0,7b | 23 | 2,9 ± 1,2a | 4 | 0,5 ± 0,7b | 3 | 0,4 ± 0,7b |
| Cunaxidae | <i>Neocunaxoides</i> | - | - | 28 | 3,5 ± 1,1a | 10 | 1,3 ± 0,8b | 7 | 0,9 ± 1,1b | 16 | 2,0 ± 0,9a | 12 | 1,5 ± 1,6b |
| Eupodidae | <i>Eupodes</i> | 2 | 0,3 ± 0,7b | 3 | 0,4 ± 0,7b | 17 | 2,1 ± 1,5a | 3 | 0,4 ± 0,7b | 21 | 2,6 ± 1,1a | 16 | 2,0 ± 1,7a |
| Galumnidae | | 9 | 1,1 ± 1,5b | 27 | 3,4 ± 1,6a | 21 | 2,6 ± 1,2a | 3 | 0,4 ± 0,7b | 15 | 1,9 ± 0,8a | 15 | 1,9 ± 1,1a |
| Mesostigmata | | 12 | 1,5 ± 2,1* | 7 | 0,9 ± 1,2* | 11 | 1,4 ± 0,7* | - | - | 6 | 0,8 ± 1,0b | 12 | 1,5 ± 1,5a |
| Ologamasidae | | 17 | 2,1 ± 1,7a | 11 | 1,4 ± 1,8a | 3 | 0,4 ± 0,7b | 13 | 1,6 ± 2,6a | 1 | 0,1 ± 0,3b | 9 | 1,1 ± 1,5a |
| Oribatida | <i>Oribatida</i> | 38 | 4,8 ± 0,7b | 83 | 10,4 ± 1,5a | 64 | 8,0 ± 1,2a | 33 | 4,1 ± 1,1* | 41 | 5,1 ± 1,1* | 41 | 5,1 ± 2,2* |
| Pachygnathidae | <i>Bimichaelia</i> | 3 | 0,4 ± 1,0b | 14 | 1,8 ± 1,5b | 23 | 2,9 ± 0,9a | 7 | 0,9 ± 1,1b | 15 | 1,9 ± 1,4a | 4 | 0,5 ± 1,0b |
| Penthalodidae | | 20 | 2,5 ± 2,1a | 12 | 1,5 ± 2,1b | 19 | 2,4 ± 1,5a | - | - | 2 | 0,3 ± 0,7b | 11 | 1,4 ± 1,9a |
| Phthiracaridae | | 4 | 0,5 ± 1,3c | 13 | 1,6 ± 1,4b | 23 | 2,9 ± 1,1a | 4 | 0,5 ± 0,9b | 18 | 2,3 ± 1,2a | 17 | 2,1 ± 1,2a |
| Phytoseiidae | | 22 | 2,8 ± 1,9a | 22 | 2,8 ± 1,2a | 12 | 1,5 ± 1,4b | 9 | 1,1 ± 1,2b | 19 | 2,4 ± 1,0a | 12 | 1,5 ± 1,6b |
| Prostigmata | | 4 | 0,5 ± 1,3b | 12 | 1,5 ± 1,6a | 12 | 1,5 ± 1,2a | 2 | 0,3 ± 0,7b | 5 | 0,6 ± 0,9b | 11 | 1,4 ± 1,2a |
| Rhagidiidae | | 11 | 1,4 ± 1,8* | 13 | 1,6 ± 1,4* | 4 | 0,5 ± 1,0* | 2 | 0,3 ± 0,4b | 4 | 0,5 ± 0,7b | 13 | 1,7 ± 1,5a |
| Rhodocaridae | | 2 | 0,3 ± 0,7a | - | - | 6 | 0,8 ± 1,4a | - | - | - | - | 6 | 0,8 ± 1,0 |
| Uropodidae | | - | - | 11 | 1,4 ± 1,2a | 19 | 2,4 ± 1,9a | - | - | 10 | 1,3 ± 1,1a | 2 | 0,3 ± 0,4b |
| Nanorchestidae | | - | - | - | - | 4 | 0,5 ± 1,0 | 1 | 0,1 ± 0,3 | - | - | - | - |
| Tenuipalpidae | <i>Brevipalpus</i> | 36 | 4,5 ± 1,1a | 4 | 0,5 ± 0,9b | 2 | 0,3 ± 0,7b | 22 | 2,8 ± 1,4a | 2 | 0,3 ± 0,7b | 1 | 0,1 ± 0,3b |
| Números totais de ácaros | | 249 | 31,1 ± 20,2 | 301 | 37,6 ± 22,3 | 297 | 37,3 ± 22,8 | 152 | 19 ± 14,5 | 199 | 24,9 ± 14,4 | 212 | 26,5 ± 22,8 |

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias na linha e ns = não significativo (pelo teste de Tukey, P<0,05, ANOVA).

Ao verificar as características químicas do solo das áreas estudadas, obtivemos os maiores teores de matéria orgânica nas amostras da área sob cultivo orgânico e mata nativa (Tabela 5.3). Com isso, podemos concluir que o baixo teor de matéria orgânica no solo pode ter sido uma causa da ausência de Mesostigmata nas amostras da camada de solo do sistema de cultivo convencional.

Os ácaros capturados pertencentes às famílias Acaridae (gênero *Rhizoglyphus*), Tenuipalpidae (gênero *Brevipalpus*), Cunaxidae (gênero *Armascirus*), foram capturados em maiores quantidades no tratamento sob cultivo convencional tanto na camada de serapilheira quanto do solo (Tabela 5.3). O ácaro do gênero *Rhizoglyphus*, são pragas de importância econômica, atacam o bulbo, raízes e tubérculos das plantas (Díaz et al., 2000). Já os ácaros pertencentes à família Cunaxidae são predadores conhecidos de pequenos ácaros e insetos edáficos (Smiley, 1975). A maior densidade de ácaros representantes do gênero *Brevipalpus* mostram as influências do cultivo convencional sobre esse grupo de ácaros. Esse é o gênero de ácaros mais abundante entre os fitófagos (Castro & Moraes, 2007), conhecido como ácaro da leprose, uma das principais pragas que afetam a produção de laranja no Brasil (Omoto et al., 2000). O sistema convencional favorece a presença de organismos pragas que podem prejudicar o desenvolvimento adequado das plantas e frutas. O mesmo não foi observado com as estruturas das comunidades de solo sob sistema cultivo orgânico do citros.

5.3.4. Identificação taxonômica dos colêmbolos edáficos

A partir do total de colêmbolos capturados foram identificadas 8 famílias. Na camada da serapilheira e do solo na área de mata nativa foram capturados em maiores densidades de colêmbolos da família Symphypleonidae (Tabela 5.4). A presença dos Symphypleonidae na mata nativa, pode estar relacionada com as características dessa família que estão positivamente associados com a decomposição da celulose e de substratos mistos lignina (Blakely et al., 2002). Na camada de serapilheira da mata nativa também foram capturadas em maiores quantidades os colêmbolos Tomoceridae e no solo os Entomobryidae e Isotomidae.

Além disso, os colêmbolos pertencentes às famílias Tomoceridae

Paronellidae e não foram encontrados nas amostras de serapilheira e de solo nas áreas sob cultivo convencional e apenas na camada de solo sob sistema orgânico de citros (Tabela 5.4). Os Tomoceridae são colêmbolos epigêicos, com grande antenas, pigmentados e cobertos por pelos ou escamas (Yosll, 1967). Os Paronellidae, apresentam olhos pigmentados, corpo com suaves cerdas ciliadas, longas antenas (Palacios-Vargas & Zeppelini, 1995). Devido a sua características morfológica não permite que se desloquem com facilidade diante as alterações no solo, este pode ter sido o fator que influenciou na ausência nas amostras do sistema de cultivo convencional.

Tabela 5.4. Classificação taxonômica das famílias de colêmbolos capturadas nas amostras de serapilheira e solo nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico de citros e área de referência mata nativa. Montenegro – RS.

| Famílias | Convencional | | Orgânico | | Mata Nativa | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|------------|-------------------|-------------|-------------------|
| | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} | Total | \bar{x} |
| -----Amostras da Serapilheira----- | | | | | | |
| Symphyleonidae | 8 | 1,0 ± 1,0c | 19 | 2,4 ± 1,0b | 33 | 4,1 ± 2,0a |
| Tomoceridae | - | - | 5 | 0,6 ± 0,9b | 20 | 2,5 ± 1,8a |
| Onychiuridae | 16 | 2,0 ± 1,5b | 33 | 1,4 ± 1,4a | 36 | 4,5 ± 1,9a |
| Entomobryidae | 28 | 3,5 ± 0,9* | 27 | 3,4 ± 1,4* | 33 | 4,1 ± 2,4* |
| Hypogastruridae | 23 | 2,9 ± 2,4* | 33 | 4,1 ± 1,4* | 33 | 4,1 ± 1,4* |
| Isotomidae | 10 | 1,3 ± 1,0b | 32 | 4 ± 1,4a | 38 | 4,8 ± 1,8a |
| Paronellidae | - | - | 2 | 0,3 ± 1,7a | 8 | 1,0 ± 0,9a |
| Poduridae | 19 | 2,4 ± 1,2b | 35 | 4,4 ± 1,1a | 38 | 4,8 ± 1,9a |
| Total de colêmbolos | 104 | 13 ± 7,9 | 186 | 23,5 ± 2,5 | 239 | 29,9 ± 5,3 |
| -----Amostras de Solo----- | | | | | | |
| Symphyleonidae | 7 | 0,9 ± 0,9b | 10 | 1,3 ± 0,8b | 21 | 2,6 ± 1,1a |
| Tomoceridae | - | - | - | - | 3 | 0,4 ± 0,7 |
| Onychiuridae | 25 | 3,1 ± 0,6* | 19 | 2,4 ± 1,2* | 24 | 3,0 ± 1,5* |
| Entomobryidae | 17 | 2,1 ± 0,6b | 22 | 2,8 ± 1,0b | 37 | 4,6 ± 2,1a |
| Hypogastruridae | 21 | 2,6 ± 1,3* | 34 | 4,3 ± 1,1* | 33 | 4,1 ± 1,8* |
| Isotomidae | 11 | 1,4 ± 0,7b | 21 | 2,6 ± 1,5b | 29 | 3,6 ± 1,5a |
| Paronellidae | - | - | - | - | 4 | 1,3 ± 1,3 |
| Poduridae | 14 | 1,8 ± 1,2* | 25 | 3,1 ± 1,5* | 22 | 0,5 ± 0,8* |
| Total de colêmbolos | 95 | 11,9 ± 2,1 | 131 | 16,3 ± 7,1 | 173 | 21,6 ± 3,6 |

As letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias na linha e ns = não significativo (pelo teste de Tukey, $P < 0,05$, ANOVA).

As diferenças nas comunidades de colêmbolos entre os sistemas de manejos convencional e orgânico foram verificadas pelo teste de Tukey (5%)

apenas nas amostras da serapilheira. Em um estudo conduzidos por Filser (1995), observou entre duas e três vezes mais colêmbolos no tratamento adubado com material orgânico do que em comparação com a área fertilizada com o mineral. Então, podemos relacionar que os resíduos orgânicos presentes na superfície dos tratamentos de cultivo orgânico favorecem a abundância de colêmbolos.

Quanto a distribuição dos colêmbolos da família Onychiuridae na camada da serapilheira, observaram maior densidade nas amostras do sistema orgânico em comparação com o convencional (Tabela 5.4). Em um estudo conduzido por Fox et al., (1999), observou maior números de colêmbolos Onychiuridae na área de milho sob cultivo direto. Mostrando que as condições de sistema com menor impacto no solo, podem favorecer a presença determinadas morfo-espécies de colêmbolos. Entretanto, na camada de solo não foram observadas diferenças estatística entre densidade de famílias de colêmbolos entre as áreas sob cultivo de citros (Tabela 5.4) Ou seja, as diferenças entre o sistema orgânico e convencional não foram o suficientes para proporcionar alterações na dinâmica destes grupos na camada de solo e sim na serapilheira.

5.3.5. Atividade funcional dos colêmbolos

Os índices foram utilizados para descrever as mudanças na funcionalidade dos colêmbolos ao longo das avaliações. Com isto, foi possível monitorar o grau de influência dos sistemas de manejo do citros na distribuição espacial na serapilheira ou no solo e temporal durante as estações no ano. Em ambos os tratamentos, os sistemas de cultivo de citros, apresentaram os menores índices de atividade funcional, evidenciado pelo valor dos índices na camada da serapilheira (Figura 5.5). Esse resultado, sugerem que as espécies na serapilheira são mais sensíveis e vulneráveis aos efeitos ao cultivo convencional. A variação nas densidades de colêmbolos com maiores escores, ou seja, sem pigmentação, fúrcula pouco desenvolvida são os principais fatores para a diferenças nos índices das áreas.

Nos tratamentos sob cultivo convencional e orgânico a atividade funcional dos colêmbolos na serapilheira, foi menor do que a observada na mata nativa na primavera e verão (*teste t*, $P < 0,05$). O sistema cultivo orgânico

se diferenciou da mata nativa no índice de atividade funcional apenas nas amostras da serapilheira durante período da primavera de 2012 e verão 2012 e 2013 (Figura 5.5). Fato observado no verão, onde os sistemas de cultivos não apresentaram atributos ecológicos para a maior presença destes grupos na superfície, com maior diferenças nos índices para os colêmbolos sob cultivo convencional. Esses resultados, também podem indicar uma mudança na composição funcional das comunidades, ou seja, que os organismos endogeicos podem ter aumentado a sua representatividade. A distribuição das espécies colêmbolos endogeica está relacionada com a qualidade e a quantidade de teor de matéria orgânica, incluindo o pH, C, N, e a relação C/N. (Barbercheck et al., 2008).

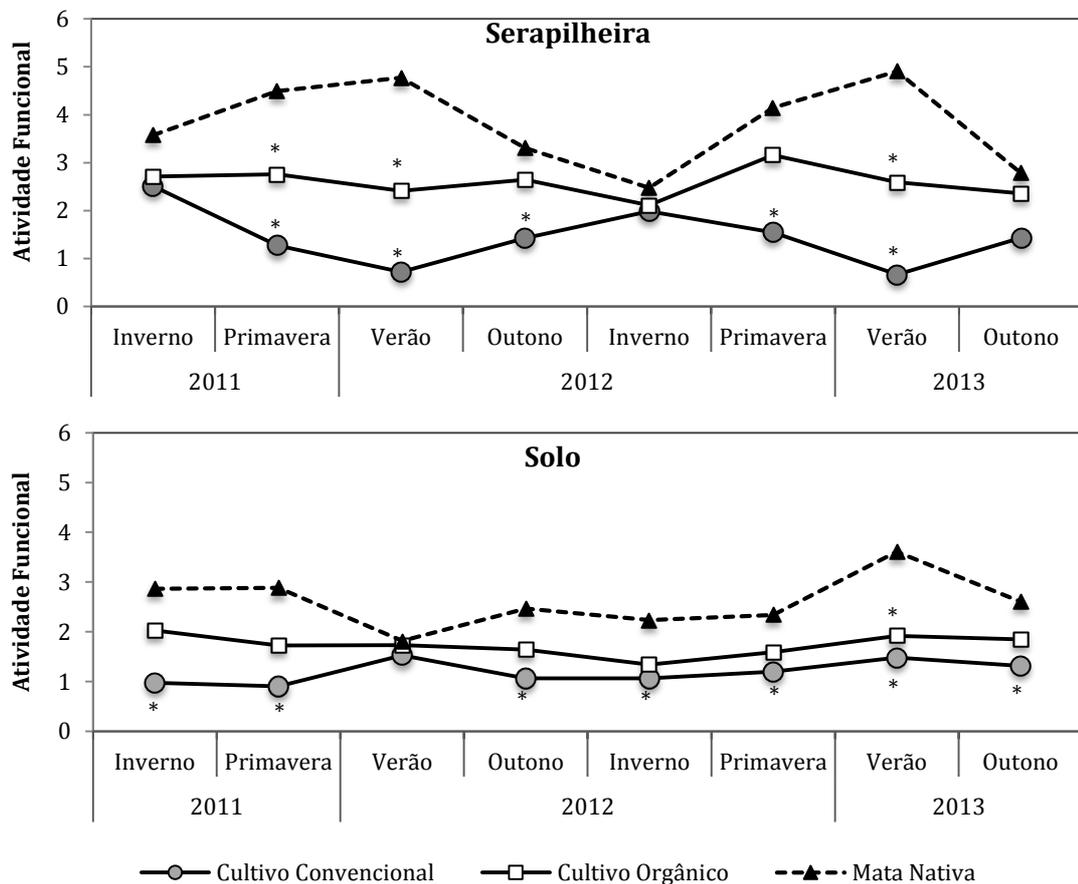


Figura 5.5. Atividade funcional do grupos dos colêmbolos capturados nas amostras de serapilheira e solo das áreas de cultivo convencional e orgânico de citros e área de mata nativa. *Estatisticamente diferente a partir da valores da mata nativa , pelo teste - t, $P < 0,05$.

A figura 5.6, correspondente a diversidade funcional dos colêmbolos na camada do solo, na maior parte do período se diferenciaram estatisticamente o cultivo convencional da mata nativa. Isto reflete que as alterações causada pelo cultivo convencional também ocorreram na camada de solo. Por outro lado, o sistema de cultivo orgânico se diferenciou das amostras da área de mata nativa apenas no verão de 2013 (Figura 5.5). A atividade funcional dos grupos de colêmbolos capturados na camada de solo sob cultivo orgânico e mata nativa mostram o alto grau de composição e de riqueza de funções apresentadas nesses tratamento. O uso de atividade funcional são amplamente aplicáveis no estudo da biodiversidade e podem complementar, e não substituir, o monitoramento da biodiversidade existente (Vandewalle et al., 2010) Desta forma, podemos comparar o efeitos das mudanças de uso solo sobre a biodiversidade edáfica facilitando as práticas de conservação.

5.3.6. Diversidade funcional dos colêmbolos

A diversidade funcional permite observar a influências dos sistemas em apresentar organismos com características funcionais similares ou diversas. Na maior parte dos períodos de avaliação, observaram os maiores índices de diversidade de funções nas amostras da serapilheira na mata nativa comparando com a áreas de cultivo de citros (Figura 5.6).

Apenas no período do inverno de 2012 e outono 2013 não observaram diferenças entre os sistemas de manejo do citros e mata nativa (*teste - t*, $P < 0,05$). A camada da serapilheira foram constatada as maiores diferenças entre os índices de diversidades de funcional nas áreas estudadas. Ou seja, as alterações propostas pelos do sistemas de manejo oferecem condições para o desenvolvimento de colêmbolos com características funcionais mais semelhantes.

Um cenário oposto foi observado no índice de diversidade funcional nas amostras de solo. Onde, os índices de diversidade referentes aos colêmbolos nas amostras de mata nativa diferiram dos tratamentos sob diferentes sistemas de cultivo, apenas no inverno e primavera de 2011 e verão de 2013 (Figura 5.6). Já na camada de solo a intensidade das alterações na diversidade não é perceptível com grande magnitude. Dentro desta abordagem

podemos observar como são influenciados os colêmbolos e de que forma, e em qual camada são mais sensíveis as alterações ambientais.

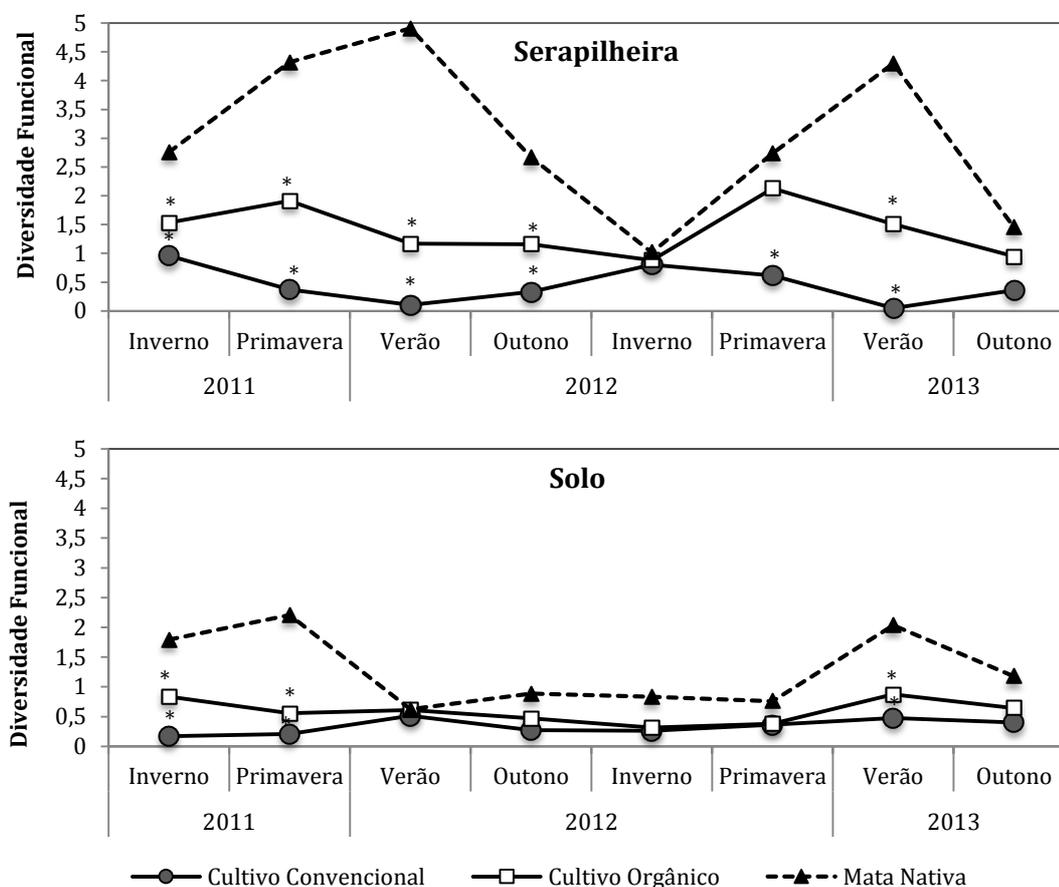


Figura 5.6. Diversidade funcional do grupos dos colêmbolos capturados nas amostras de serapilheira e solo das áreas de cultivo convencional e orgânico de citros e área de mata nativa. * Estatisticamente diferente a partir da valores da mata nativa (*teste - t*, $p < 0,05$). Montenegro – RS.

5.3.7. Análise de componentes principais (ACP)

O resultado da ACP demonstrou por meio da relação entre a componente principal 1 (eixo x) que foi explicada em 63,56% e a componente principal 2 (eixo y) explicada em 17,13%, que houve separação entre as três áreas estudadas e das camada da serapilheira e do solo. A análise dos componentes principais foi utilizada para fornecer uma ordenação das diferenças dos locais, relacionado as amostras da serapilheira e do solo a partir da composição de ácaros e colêmbolos. Na análise ACP, verificou-se que as

morfo-espécie de colêmbolos tem relação de distribuição nas amostras da serapilheira da mata nativa (Figura 5.7). As áreas de matas nativas apresentam características edáficas para abrigar maiores quantidade de colêmbolos (Rieff et al., 2010). O número de árvores, diâmetro das copas, profundidade da serapilheira, todos os fatores que afetam o sombreamento do solo e disponibilidade de matéria orgânica, e conseqüentemente aumentam o número de indivíduos e riqueza de espécies de colêmbolos (Zeppelini et al., 2008).

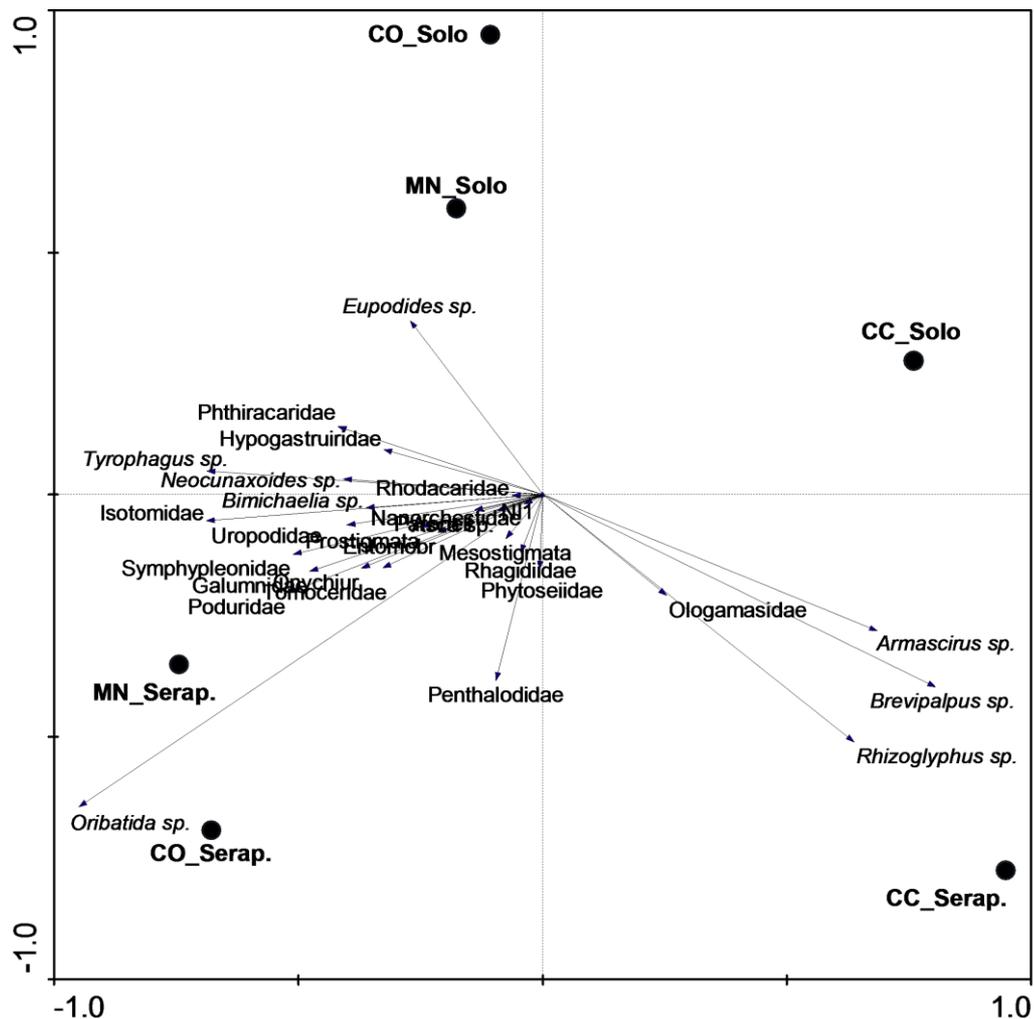


Figura 5.7. Gráfico de análise de componentes principais das comunidades de ácaros e colêmbolos. Legenda: CC_Solo = solo de cultivo convencional; CO_Solo = solo de cultivo orgânico; MN_Solo = solo de mata nativa; CC_Serap = serapilheira de cultivo convencional; CO_Serap = serapilheira de cultivo orgânico e MN_Serap = serapilheira de mata nativa.

A distribuição das morfo-espécies no diagrama de ACP associadas ao local é um suporte para diagnosticar a influência dos sistemas de manejo na população edáfica. Com base na figura 5.7, podemos verificar que a abundância de morfo-espécies de ácaros e colêmbolos permitiu a separação das amostras da camada da serapilheira e do solo, onde tiveram distribuídas no gráfico, de forma oposta.

Também averiguamos a junção das variáveis, representadas pelas amostras da serapilheira do cultivo orgânico (CO_Serap) com a serapilheira da mata nativa (MN_Serap) e as amostras de solo do sistema orgânico (CO_Solo) com a camada de solo da referência (MN_Solo) (Figura 5.7). Indicando que a relação biológica das morfo-espécies do sistema cultivo orgânico foi mais próximo da mata nativa do que o convencional de citros. Em contraste, estão as amostras de solo e serapilheira do tratamento sob cultivo convencional, onde ficou posicionada no lado oposto do eixo x onde estava as demais variáveis. Houve maior a relação dos grupos presentes na serapilheira e no solo, capturados no tratamento cultivo orgânico com a área de mata nativa. Isto mostrou que entre os sistemas, o orgânico é o que causa menor impacto na distribuição dos micro-artrópodes edáfico se mais se aproximou da área nativa.

A variável MN_Serap, caracterizou-se por apresentar uma maior abundância de colêmbolos em comparação com as demais amostras analisadas (Figura 5.7). O colêmbolos são importante para a decomposição da serapilheira e na ciclagem de nutrientes (Eisenhauer et al., 2011). Enquanto, ácaro *Oribatida* sp. que apresentou maior relação com a serapilheira do sistema orgânico (CO_Serap). Os oribatídeos são influenciados por fatores bióticos, com a presença de material orgânico no solo (Coleman et al., 2004). Fato, que pode ser sido fundamental para a maior relação com a serapilheira do cultivo orgânico do que nas amostras do cultivo convencional.

Já os ácaros dos gêneros *Armascirus*, *Brevipalpus* e *Rhizoglyphus* obtiveram uma distribuição positiva com a serapilheira do convencional (Figura 5.7). A natureza das adaptações, tanto na busca por alimentos e na dinâmica comportamentais de determinadas espécies, podem habitar horizontes mais minerais ou com mais húmus (Ponge, 1993). Com base, na análise de ACP,

verificou que a influência do sistema manejo em formar ecossistemas próprios favorecendo o desenvolvimento de determinados grupos edáficos. No entanto, a análise indicou que as amostras de solo no cultivo convencional (CC_Solo) não tiveram comunidades ácaros e colêmbolos que poderiam claramente ser relacionadas com este sistema de manejo. Em um estudo conduzido por Postma-Blaauw et al., (2012), observou que ambientes nativos que foram convertidos em terras aráveis reduziram a riqueza taxonômica e as estruturas das comunidades edáficas.

Também verificou uma separação das variáveis CC_Solo e CC_Serap. das demais (Figura 5.7). As análises multivariadas permitiram uma melhor distinção dos grupos presentes no solo e na serapilheira, verificando o aspecto ecológico que a distribuição espacial e temporal dos micro-artrópodes edáficos. Com análise de componentes principais possibilitou a identificação das famílias e espécies em relação da distribuição na serapilheira e solo. Sendo esta análise multivariada foi relevante para determinar a separação das diferentes áreas de amostragem e verificar dinâmica de ácaros e colêmbolos na serapilheira e no solo.

5.4. CONCLUSÃO

1. O estudo da dinâmica dos ácaros e colêmbolos mostra a influência sobre os microstrópodes edáficos causados pelo uso do solo com os sistemas de cultivo de citros;
2. A distribuição dos espécimes de ácaros e colêmbolos na camada de serapilheira e no solo foi afetada pelos sistemas de manejo e pelas variações sazonais, sendo mais impactada pelo sistema de cultivo convencional;
3. O sistema de cultivo convencional de citros diminui a densidade de colêmbolos da família Tomoceridae e Paronellidae e dos ácaros da família Uropodidae na camada da serapilheira e no solo;
4. O sistema de cultivo convencional de citros desloca a população de ácaros da ordem Mesostigmatas e da família Penthalodidae do solo para a camada de serapilheira e os do gênero *Neocunaxoides* da camada da serapilheira para o solo.

5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, F. A. de. **Diversidade de ácaros em cultivo orgânico de citros e na vegetação natural circundante, e perspectivas para a criação massal de *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae)**. 2006, 108f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, 2006.

ANDRADE, T. De A. et al. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 8, n. 1, p. 70 – 75, 2001.

ANTUNES, S. C. et al. Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 44, p. 45–56, 2008.

AZPIAZU, M. D. et al. Clave dicotómica para la determinación de los colémbolos de Cuba (Hexapoda: Collembola). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa**, Zaragoza, v. 34, p. 73 – 83, 2004.

BADEJO, M. A.; OLA-ADAMS, B. A. Abundance and diversity of soil mites fragmented habitats in a biosphere reserve in Southern Nigeria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2121–2128, 2000.

BARBERCHECK, M. E. et al. Response of soil invertebrates to disturbance across three resource regions in North Carolina. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 152, p. 283 – 298, 2008.

BEARE, M. . H. et al. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of decomposer biota. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 87–108, 1997.

BEHAN-PELLETIER, V. M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 411 - 423, 1999.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola**. Disponível em: < <http://www.collembola.org>>. Acesso em: 05 março de 2014.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 77.

BLAKELY, J. K.; NEHER, D. A.; SPONGBERG, A. L. Soil invertebrate and microbial communities, and decomposition as indicators of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 21, p. 71 - 88, 2002.

BRUCKNER, A. Temperature variability and fluctuation in the humus layer of a temperate deciduous forest in spring: implications on the resident fauna. **Die Bodenkultur**, Wien, v. 49, n. 4, p. 229–237, 1998.

CASTRO, T. M. M. G. DE; MORAES, G. J. de. Mite diversity on plants of different families found in the brazilian atlantic forest. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 774 - 782, 2007.

CLUZEAU, D. et al. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 49, p. 63 - 72, 2012.

COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, Jr. D. A.; HENDRIX, P. F. **Fundamentals of Soil Ecology**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. p. 408.

DÍAZ, A. et al. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 85–113, 2000.

DUCARME, X. et al. Are there real endogeic species in temperate forest mites? **Pedobiologia**, Jena, v. 48, n. 2, p. 139 -147, 2004.

EISENHAUER, N.; SABAIS, A. C. W.; SCHEU, S. Collembola species composition and diversity effects on ecosystem functioning vary with plant functional group identity. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 43, n. 8, p. 1697 -1704, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. edição. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembola in a permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 19, n. 4, p. 303 - 308, 1995.

FOUNTAIN, M. T.; HOPKIN, S. P. *Folsomia candida* (Collembola): A “standard” soil arthropod. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 50, p. 201 - 222, 2005.

FOX, C. A. et al. The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till and conventional continuous corn on a clay loam soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, p. 1 – 8, 1999.

GARRETT, C. J. et al. Impact of the rhizosphere on soil microarthropods in agroecosystems on the Georgia piedmont. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 16, p. 141–148, 2001.

HOPKIN, S. P. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. 1º ed. New York: Oxford University Press, 1997. p. 322.

KOLLER, O. C. **Citricultura - Laranja, Limão e Tangerina**. Porto Alegre: Rigel, 1994. p. 446.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock, Texas: Tech University Press, 2009. 807 p.

LINDO, Z.; WINCHESTER, N. N. A. comparison of microarthropod assemblages with emphasis on oribatid mites in canopy suspended soils and forest floors associated with ancient western redcedar trees. **Pedobiologia**, Jena, v. 50, n. 1, p. 31–41, 2006.

MEJÍA-RECAMIER, B. E. et al. Cunaxidae (Acari: Prostigmata) diversity and population dynamics in garlic (*Allium sativum*) crop fields. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 221 - 230, 2013.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. 1º ed. Ribeirão Preto: Holos, 2008. p. 288.

NATAL-DA-LUZ, T. et al. Toxicity to *Eisenia andrei* and *Folsomia candida* of a metal mixture applied to soil directly or via an organic matrix. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 74, n. 6, p. 1715 - 1720, 2011.

OLIVEIRA, A. R. et al. Toxicological evaluation of genetically modified cotton (Bollgard ®) and Dipel® WP on the non-target soil mite *Scheloribates praeincisus* (Acari: Oribatida). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 41, p. 191 - 201, 2007.

OLIVIER, P. A. S.; THERON, P. D. The genus *Eupodes* Koch, 1835 (Acari: Eupodidae) from African soil and vegetation. Part 1. Characterisation of the genus, designation of the type species and descriptions of three new species. **Koedoe**, Pretoria, v. 40, n. 1, p. 57 –73, 1997.

OMOTO, C.; ALVES, E. B.; RIBEIRO, P. C. Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao Dicofol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 757–764, 2000.

PALACIOS-VARGAS, J. G.; ZEPPELINI, D. A new species of *Troglobius* from Brazil. **International Journal of Speleology**, Bologna, v. 23, n. 3-4, p. 173 –

177, 1995.

PARISI, V.; et al. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 105, p. 323–333, 2005.

PETRY, H. B. **Sistemas de cultivo orgânico e convencional de laranjeiras ‘valência’ em Montenegro-RS**. 2012. 131f. Dissertação (Mestrado) – Program de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PONGE, J. F. Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystems. **Pedobiologia**, Jena, v. 37, n. 4, p. 223–244, 1993.

PONGE, J. F. et al. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 35, p. 813 - 826, 2003.

POSTMA-BLAAUW, M. B. de et al. Agricultural intensification and de-intensification differentially affect taxonomic diversity of predatory mites, earthworms, enchytraeids, nematodes and bacteria. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 57, p. 39 - 49, 2012.

REBEK, E. J.; HOGG, D. B.; YOUNG, D. K. Effect of four cropping systems on the abundance and diversity of epedaphic springtails (Hexapoda: Parainsecta: Collembola) in Southern Wisconsin. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 31, n. 1, p. 37–46, 2002.

RIEFF, G. G. et al. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1, p. 57–61, 2010.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e

orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353 - 359, 2008.

SCHEU, S. et al. The soil fauna community in pure and mixed stands of beech and spruce of different age: trophic structure and structuring forces. **Oikos**, Copenhagen, v. 2, n. 101, p. 225–238, 2003.

SMILEY, R. L. A Generic Revision of the Mites of the Family Cunaxidae (Acarina). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 68, n. 2, p. 227 - 244, 1975.

SMILEY, R. L. **The predatory mite family Cunaxidae (Acari) of the world with a new classification**. West Bloomfield: Indira Publishing House, 1992. 356p.

SOUSA, J. P. et al. Changes in Collembola richness and diversity along a gradient of land-use intensity: A pan European study. **Pedobiologia**, Jena, v. 50, p. 147–156, 2006.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. 150f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2006.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and user's guide to canono for Windows**: software for canonical community ordination. Ithaca, NY: Microcomputer Power, 1998.

USHER, M. B.; BOOTH, R. G.; SPARKES, K. E. A review progress in understanding the organization of communities of soil arthropods. **Pedobiologia**, Jena, v. 23, p. 126 – 144, 1982.

VANDEWALLE, M. et al. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 19, n. 10, p. 2921 - 2947, 2010.

YOSLL, R. Studies on the Collembolan Family Tomoceridae, with special Reference to Japanese Forms. **Kyoto University Research Information Repository**, [Kyoto], v. 20, p. 1 – 54, 1967.

ZEPPELINI, D. et al. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 18, n. 5, p. 1161–1170, 2008.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Os estudos sobre bioindicadores mostram que o monitoramento dos ácaros e colêmbolos do solo, a densidade, diversidade e atividade funcional dos mesmos respondem às mudanças no ambiente causadas pelos sistemas de cultivo de citros, tabaco e mata nativa podem ser usados para avaliação da qualidade do solo;

Os cultivos convencionais de citros e tabaco reduzem o desenvolvimento das populações edáficas amostradas, como observadas nos gêneros *Tyrophagus* e *Oribatida* (Ácaros) e nas famílias Galumnidae (ácaros), e nos colêmbolos das famílias Symphypleonidae e Isotomidae. Os ácaros *Rhizoglyphus* sp. e *Armacirus* sp. foram os mais abundantes nas áreas sob sistemas convencionais, isto sugere que esses organismos podem ser usados para avaliar as alterações no solo.

7. RESUMO BIOGRÁFICO

Gleudson Gimenes Rieff nasceu em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, em 08 de março de 1983. É filho de Célio Ambos Rieff e Maria do Carmo Gimenes Rieff. De 1990 a 1994 curso primário no interior do estados na Escola Municipal Santa Rita de Cássia, e de 1995 a 1998, o primeiro grau da Escola Estadual Nossa Senhora do Carmo, e de 1999 a 2001 o segundo grau na Escola Estadual Cel. Patrício Vieira Rodrigues. Em 2002, ingressou no curso de Biologia na Fundasul em Camaquã/RS. Durante a graduação no último ano em 2006 foi aluno de Iniciação Científica apresentando trabalho no XVIII Salão de Iniciação Científica da UFRGS com o tema *“Estudo da avifauna do fragmento de mata ciliar do Arroio Duro de Camaquã”*. Na mesmo ano recebeu o titulo de Licenciatura Plena em Biologia. Em 2007, ingressou como bolsista voluntario no Laboratório de Microbiologia do Solo, no Departamento de Solo, UFRGS sob orientação do Prof. Enilson Luiz Saccol de Sá. Em março de 2008 ingressou como aluno de mestrado do PPG Ciência do Solo sob orientação do Prof. Enilson Luiz Saccol de Sá. Em fevereiro de 2010, defendeu a dissertação intitulada *“Monitoramento de ácaros e colêmbolos como potenciais indicadores biológicos de qualidade do solo”*, sendo publicados três artigos *“Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas”*, *“Persistência de patógenos e do antibiótico salinomicina em cama de aviário submetida à compostagem”* e *“Mesofauna edáfica e atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura do tabaco”*. Em 2010, ingressou no doutorado no PPGCS sob orientação do Prof. Enilson. Durante o ano de 2013 realizou o doutorado sanduíche na Universidade de Coimbra em Portugal, sob a orientação do Prof. José Paulo de Sousa e Tiago Natal-da-Luz, onde conduziu o experimento intitulado *“Utilização de “Ring-*

Testing” em “Terrestrial Model Ecosystem (TME)” – como instrumento de estudo da mesofauna edáfica: avaliação dos efeitos ecotoxicológico e do potencial bioindicador da qualidade do solo”.

