

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

IMPACTO DOS HERBICIDAS GLIFOSATE, 2,4-D, ATRAZINA E  
NICOSULFURON SOBRE POPULAÇÕES DE COLLEMBOLA (ARTHROPODA:  
ELLIPURA) EDÁFICOS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO MUNICÍPIO  
DE DOURADOS-MS, BRASIL.

VILMA DA SILVA LINS

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL-BRASIL  
2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE DOURADOS

IMPACTO DOS HERBICIDAS GLIFOSATE, 2,4-D, ATRAZINA E  
NICOSULFURON SOBRE POPULAÇÕES DE COLLEMBOLA (ARTHROPODA:  
ELLIPURA) EDÁFICOS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO MUNICÍPIO  
DE DOURADOS-MS, BRASIL.

VILMA DA SILVA LINS  
Bióloga

Orientador: Prof. Dr. HONÓRIO R. DOS SANTOS  
Co-Orientador: Prof. Dr. MANOEL CARLOS GONÇALVES

Dissertação apresentada a Universidade  
Federal de Mato Grosso do Sul, como  
requisito à obtenção do Título de Mestre  
em Zoologia, Área de Concentração:  
Entomologia e Conservação da  
Biodiversidade.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL-BRASIL  
2004

Ficha catalográfica elaborada pelo setor de biblioteca NCA/UFMS.

Ofereço  
A DEUS,

Aos meus pais pelo apoio e carinho. Aos meus  
amigos e companheiros reais e virtuais  
(internautas) e as pessoas que irei conhecer,  
DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer de modo especial ao Professor, Doutor e Amigo: Honório Roberto Dos Santos, orientador deste trabalho. Agradecer pela sua disponibilidade, interesse, incentivo, credibilidade e correção metodológica.

A Capes, pela concessão de bolsa para o autor.

A Roseles Binsfeld da UFMS/Dourados-MS, pelo auxílio na identificação dos Collembola e a Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Cleide de Mendonça do Departamento de Entomologia do Museu Nacional do Rio de Janeiro (CM/MNRJ), pela confirmação da identificação dos espécimes estudados.

Agradecer sinceramente aos meus pais, que sempre me apoiaram nos meus estudos.

Aos professores Dr. Manoel Carlos Gonçalves pela sua co-orientação e Dr. Wedson Desidério Fernandes, ambos pela paciência em colaborar nas análises dos dados e ao Dr. Antônio C. Cubas pela confecção do abstract.

Aos professores Dr. Manoel Araécio Uchoa-Fernandez e Dr. Marcos Gino Fernandes pela atenção, incentivo e sugestões.

E aos companheiros que contribuíram para a conclusão deste trabalho. De maneira carinhosa aos laboratoristas Janete e Lourdes Rovadoschi (auxiliares), Gilberto Braga e Suzana Toshimi Heim (técnicos) e as estagiárias e co-orientandas Solange Souza e Renata Tessaro pela colaboração na execução de coleta de dados desta pesquisa. Às amigas Angela Canesin e Luciane Modenez pelo amparo em momentos extremos. Ao querido Vanilton Camacho que aproveitou as oportunidades colaborando neste projeto e fortalecendo ainda mais nosso recíproco carinho e companheirismo.

“Tudo o que afeta a terra afeta os filhos da terra”.  
*Cacique Seattle (líder pele-vermelha da Nação Sioux, 1855)*

“A terra será o que são seus homens.  
Que se abram os teus olhos e teu coração”.  
*Provérbio Náhuatl (México)*

## BIOGRAFIA

Vilma Da Silva Lins, filha de José Vieira Lins e Maria Luiza da Silva Lins, nasceu em Dourados – MS, aos 12 de Outubro de 1974.

Em 1998, colou grau, como licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Em 2002, ingressou-se no curso de Pós-Graduação em Zoologia *Stricto sensu*, Área de Concentração - Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

| SUMÁRIO |   |      |
|---------|---|------|
|         |   |      |
|         |   |      |
|         |   |      |
|         | LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....   | vii  |
|         | LISTA DE TABELAS.....   | viii |
|         | RESUMO.....   | ix   |
|         | ABSTRACT.....   | x    |
| -       | INTRODUÇÃO.....   | 1    |
| -       | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 4    |
|         | 2.1- Caracterização dos Collembola.....                                 | 4    |
|         | 2.1.1- Descrição da Anatomia.....                                       | 4    |
|         | 2.1.2- Ecologia.....  | 6    |
|         | 2.1.3- Sistemática e Filogenia.....                                     | 8    |
|         | 2.2- Reprodução.....  | 10   |
|         | 2.3- Importância dos Collembola.....                                    | 11   |
|         | 2.4- Efeitos das Propriedades do solo sobre os Collembola edáficos..... | 12   |
|         | 2.4.1- Influências químicas.....  | 12   |
|         | 2.4.2- Influências físicas.....   | 12   |
|         | a- Umidade.....   | 13   |
|         | b- Temperatura.....   | 13   |
|         | 2.5- Efeitos das atividades agrícolas sobre os Collembola do solo.....  | 13   |
|         | 2.5.1- Compactação do solo.....   | 15   |
|         | 2.5.2- Erosão do solo.....  | 15   |
|         | 2.5.3- Os fertilizantes e os Collembola.....                            | 16   |
|         | 2.5.4- Agrotóxicos.....   | 17   |
|         | 2.5.5- Fungicidas.....  | 18   |
|         | 2.5.6- Inseticidas.....   | 18   |
|         | 2.5.7- Herbicidas.....  | 19   |
|         | 2.5.8- O Sistema de Plantio Direto.....                                 | 22   |
|         | 2.5.9- A Cobertura Vegetal e os Collembola.....                         | 23   |
| -       | MATERIAL E MÉTODOS.....   | 25   |
| -       | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 30   |
| -       | CONCLUSÕES.....   | 40   |
| -       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 41   |
| -       | ANEXOS.....   | 53   |
|         | Figura 9.....   | 54   |
|         | Figura 10.....  | 55   |
|         | Tabela 6.....   | 56   |



| <b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> |  |    |
|-----------------------------|--|----|
| 1-                          | Esquema dos três talhões divididos em quatro parcelas iguais, onde foram implantados os cinco tratamentos.....   | 26 |
| 2-                          | Extração da mesofauna edáfica: a= Anel de ferro galvanizado contendo solo; b= 1: lâmpada de 25W, b= 2: funil de Berlese modificado, b= 3: pote coletor branco, e c= mesa expositora coberta com tecido TNT.....          | 28 |
| 3-                          | Média da abundância total dos gêneros de Collembola ( $\pm$ EP) coletados durante o experimento.....   | 31 |
| 4-                          | Média da abundância total de indivíduos das famílias de Collembola coletadas.....  | 32 |
| 5-                          | Média da abundância de Collembola coletados ( $\pm$ EP) em cada tratamento nas diferentes épocas de coleta.....  | 33 |
| 6-                          | Média da abundância de Collembola ( $\pm$ EP) coletados em cada tratamento.....  | 34 |
| 7-                          | Índice de Similaridade com ajuste entre matrizes de dados <i>Kruskal</i> , reduzido em três dimensões com regressão monotônica.....  | 37 |
| 8-                          | Comparação dos índices de riqueza observada e esperadas de espécies, em cada período de amostragem. Com média, mediana, desvio padrão e ponto máximo de mínimo do número de Collembola coletados em cada tratamento..... | 39 |
| 9-                          | Localização geográfica do município de Dourados,   | 54 |

|    |  |    |
|----|--|----|
|    | MS.....  |    |
| 10 | Esquema do Funil de Berlese modificado, com lâmpada de 25W e pote coletor..... | 55 |

| <b>LISTA DE TABELAS</b> |   |        |
|-------------------------|---|--------|
| 1                       | Análise química e física do solo da área experimental em cada época de coleta.....  | 2<br>5 |
| 2                       | Temperatura média, umidade relativa do ar e a precipitação média no período de dezembro a janeiro de 2003, em cada uma das quatro coletas, registradas no município de Dourados,<br>MS..... | 2<br>5 |
| 3                       | Média do número total de Collembola coletados expressa em números de indivíduos/m <sup>2</sup> ....   | 3<br>0 |
| 4                       | Análise de variância ao nível de 5% de significância entre tratamentos e as épocas de coletas.....  | 3<br>4 |
| 5                       | Média do número de indivíduos de Collembola amostrados nos cinco tratamentos e sua interação com as épocas de coletas.....  | 3<br>5 |
| 6                       | Cronograma de Manejo conduzido no Plantio Direto para o período de Experimento.....   | 5<br>6 |

**Impacto dos Herbicidas Glifosate, 2,4-D, Atrazina e Nicosulfuron sobre as populações de Collembola (Arthropoda: Ellipura) Edáficos em Sistema de Plantio Direto no município de Dourados-MS, Brasil.**

**Vilma da Silva Lins**  
**Orientador: Honório Roberto dos Santos**

**RESUMO**

No sistema de plantio direto o uso de herbicidas é uma prática comum e intensiva, os quais podem influenciar direta ou indiretamente sobre a flutuação populacional de artrópodes da mesofauna edáfica. O grau de abundância e diversidade de Collembola comumente é indicado para comprovar a extensão de distúrbios de várias práticas agrícolas, pois este grupo serve como bioindicador das condições do solo. Esta pesquisa teve como objetivo comparar a influência de alguns herbicidas na flutuação populacional de Collembola, em solo sob o sistema de plantio direto. O trabalho foi realizado em uma área de plantio direto de sequeiro, do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), *Campus* de Dourados, em latossolo roxo distroférico com cobertura de milho, durante os meses de outubro de 2002 a janeiro de 2003. Os dados obtidos foram analisados segundo o modelo inteiramente casualizado constituído de tratamentos dispostos no esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas são representadas por uma testemunha mais quatro herbicidas: glifosate, atrazina, 2,4-D e nicosulfuron (totalizando cinco tratamentos) e as subparcelas pela época de cada coleta (10, 20, 30 e 40 dias após aplicação dos herbicidas). Após as observações e análises feitas nesta pesquisa, verificou-se que tanto os herbicidas testados quanto às épocas de coletas influenciaram na população de Collembola. Sendo os tratamentos com os herbicidas glifosate, nicosulfuron e atrazina e os períodos de 10 a 30 dias os que apresentaram menor influência sobre a população de Collembola.

Palavras-chave: Flutuação populacional, Efeito de agrotóxicos, Fauna edáfica, Impacto no solo.

**The effect of the Glyphosate, 2,4-D, Atrazine and Nicosulfuron herbicides upon of the edaphic Collembola (Arthropoda: Ellipura) on a no tillage system in Dourados-MS, Brazil.**

**Vilma da Silva Lins**  
**Adviser: Honório Roberto dos Santos**

**ABSTRACT**

The use of herbicides is a common and intensive practice in no tillage systems. The herbicides can influence, direct or indirectly, the edaphic arthropods population fluctuation. The Collembola is a group that functions as a bio-indicator of the soil conditions. The degrees of abundance and diversity of Collembola are widely indicated to study the level of soil disturbance provoked by agricultural practices. Therefore, this experiment was designed to compare the influence of some herbicides in the Collembola population fluctuation in a no tillage soil preparation system. The work was conducted in a non irrigated no tillage area at the Núcleo Experimental de Ciências Agrárias of the Universidade de Mato Grosso do Sul (UFMS), *Campus* of Dourados, in soil planted with corn as a surface covering, during the period between October 2002 and January 2003. The data gathered were analyzed according, to completely randomized model, in a split plot design. The plots received four types of herbicides: glyphosate, atrazine, 2,4-D and nicosulfuron. One fifth plot did not receive any herbicide (witness), completing a total of five treatments. Yet the sub plots represented the data gathering dates (10, 20, 30 and 40 days after the herbicides applications). After the analyses of the data it was verified that both, types of herbicides and data collection days, influenced the Collembola population. The treatments that presented smaller effect on the Collembola population were those with the glyphosate, nicosulfuron and atrazine herbicides, as well as the data gathering dates of 10 and 30 days after application.

**Key Words:** Edaphic fauna, Pesticide effect, Population fluctuation, Soil impact.

## 1.1- INTRODUÇÃO

A ação de implementos agrícolas na mobilização do solo desencadeia processos negativos diretos na superfície do mesmo, freqüentemente ocorre formação de uma camada compacta e de crostas que resultam na redução da taxa de infiltração de água, aumento da freqüência de enxurradas, problemas na emergência de plântulas e aumento da erosão (Döbereiner, 1986).

Devido às conseqüências desastrosas da utilização de agrotóxicos e outros processos mecânicos excessivos, o homem começou a repensar em suas práticas agrícolas. Por isso, vem-se desenvolvendo cada vez mais, uma consciência ecológica sobre os impactos das atividades agrícolas. Aumentando-se dessa forma, o respeito aos limites da natureza e maior reconhecimento da importância de sua conservação.

No entanto, o homem vem aprimorando meios de cultivar o solo, deixando o mais próximo de suas condições naturais; pois num hábitat natural, há equilíbrio entre os seres da cadeia alimentar. No sistema de plantio direto os resíduos vegetais da superfície do solo são retidos, imitando os ecossistemas naturais, então a estrutura do solo permanece a mesma, tornando-o mais favorável à fauna e flora edáfica (Sautter, 1995).

O solo contém uma população diversificada, que alcança maior complexidade em habitats naturais, nos quais o clima, a vegetação e o tipo de solo oferecem umidade, temperatura e quantidade de alimentos adequados (Brady, 1989). Por apresentarem tamanho corporal diminuto e uma quantidade elevada de indivíduos, formam uma densidade de biomassa extremamente importante ao solo. De acordo com Singh & Pillai (1975), a mesofauna edáfica é composta basicamente de Collembola, Acari, além de insetos como Diptera, Hymenoptera, Isoptera e outros. Os mais numerosos são os Oribatei (Acari: Cryptostigmata) e os Collembola, sendo que, juntos, constituem de 72% a 97% dos indivíduos da fauna total de Arthropoda do solo.

A mesofauna edáfica tem papel catalisador das atividades microbianas auxiliando na decomposição de matéria orgânica, bem como exercendo uma importante função no processo de humificação do solo (Dunger, 1983; Bzuneck, 1988; Sautter, 1995). Além da interação nos processos biológicos, bioquímicos e físicos, eles são também os responsáveis pela reposição de diversos nutrientes na cadeia alimentar (Vieira & Santos, 2001). Apesar da importância dos componentes da mesofauna edáfica, ela ainda é pouco explorada nos estudos brasileiros, embora exerça grande influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e pode ser usada como bioindicadora das condições ambientais do solo e até mesmo do tipo de vegetação de algumas regiões.

No solo não perturbado pelo homem há muitas espécies com poucos indivíduos por ser grande a pressão entre as espécies ali existentes, o que não ocorre, por exemplo, em um solo submetido à monocultura (Primavesi, 1984). Em ecossistema natural (mata), por exemplo, é encontrada uma maior diversidade de macro e meso organismos em relação aos sistemas convencional e de plantio direto. Este último sistema de plantio também é mais indicado do que o convencional (Vieira & Santos, 2001).

A classe Collembola representa um dos mais abundantes grupos de Arthropoda na composição da fauna edáfica com importante papel na estruturação do solo, na reciclagem dos nutrientes e formação do húmus (Dunger, 1983).

Bitzer *et al.* (2002) afirmam que são necessárias mais informações a respeito da dinâmica populacional desses organismos e da ação dos agrotóxicos empregados em agroecossistemas sobre esses seres benéficos, pois para descobrir a extensão do distúrbio de várias práticas agrícolas, os estudos do seu grau de abundância e diversidade são essenciais.

O sistema de plantio direto só foi implantado no Brasil graças à importação dos herbicidas no país. Embora a intenção da utilização desse sistema fosse favorecer o ambiente edáfico, seu manejo não é isento de agredir o solo ou os organismos que nele habitam, uma vez que os herbicidas são excessivamente aplicados. Na região de Dourados, alguns dos herbicidas mais empregados são o 2,4-D, glifosate e o atrazina (Santos, H. R. com. pess.).

O 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) é um produto que pertence ao grupo amina, e é utilizado para controlar plantas invasoras de folhas largas anuais e perenes, sendo absorvidos pela folhagem e pelas raízes destas espécies. Pertence à classe toxicológica I (faixa vermelha) e possui persistência de até quatro semanas (Pessoa, 1984 e Almeida & Rodrigues, 1988).

O glifosate é um herbicida de amplo espectro muito utilizado nos tratos culturais, pertencente à classe toxicológica IV (faixa verde), apresentando persistência média de 30 a 90 dias no solo, que varia de acordo com o teor de matéria orgânica e da atividade da fauna e da flora edáfica. Já o atrazina é pouco tóxico, de classe III (faixa azul), com persistência média no ambiente de cinco a sete meses nas condições tropicais e subtropicais, enquanto o herbicida nicosulfuron é de uso geral, classificado como faixa verde (IV) relativamente não-tóxico (Rodrigues & Almeida, 1998).

Almeida & Rodrigues (1988) citam trabalhos realizados com herbicidas, afirmando que houve redução da população de Collembola quando aplicou Simazine. Em outro trabalho, com aplicação de 2,4-D, relatam que as espécies de Collembola foram pouco afetadas, mesmo com aplicações contínuas em anos consecutivos. Bitzer *et al.* (2002) afirmam que o efeito do herbicida glifosate em cultura de soja transgênica, não apresentou ação detrimental sobre a abundância das

espécies de Collembola examinadas.

Este trabalho surgiu por três principais motivos: primeiro, por se ter conhecimento da importância dos organismos edáficos e da toxicidade dos herbicidas; segundo, porque os herbicidas são largamente utilizados na região de Dourados-MS; terceiro, pela certeza que as substituições de técnicas convencionais de exploração dos solos por outras, são lentas e necessitam de muitos estudos e incentivos para o gradual suprimento de métodos mais apropriados para o manejo e conservação do solo e, conseqüentemente, para a biodiversidade edáfica.

Por estas razões, o presente trabalho foi projetado com o objetivo principal de comparar a influência de alguns herbicidas, em solo sob sistema de plantio direto de sequeiro, sobre a flutuação populacional de Collembola.

## 2. 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1- Caracterização dos Collembola

#### 2.1.1- Descrição da Anatomia

Os Collembola apresentam corpo sub-clíndrico ou globoso, revestido com pêlos ou escamas. Em geral, são de cor esbranquiçada, amarela verde, às vezes escuros. Muitos têm desenhos e cores brilhantes. São caracterizados por apresentarem corpo dividido em cabeça, tórax e um abdome dividido em seis segmentos com apêndices ventrais medianos, que são o tubo ventral, o tenáculo e a fúrcula (Buzzi, 1993).

A cabeça porta um par de antenas, na região dorso-frontal, divididas em 4 artículos. Alguns grupos, no entanto, apresentam números diferentes de antenômeros. Em alguns grupos, um ou mais artículos sofreram segmentação, resultando num número maior de peças constituintes. De forma inversa, em alguns Neelidae, houve fusão posterior dos antenômeros, sendo suas antenas formadas por apenas três peças (antênômeros III e IV fundidos) (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998).

O órgão pós-antenal localiza-se entre as antenas e os olhos. Essa estrutura é formada por uma ou mais vesículas, peculiares em sua forma, entre famílias e gêneros, responsáveis, provavelmente, por parte da percepção química (olfato) e da umidade ambiental. Acredita-se que essa organela é homóloga ao órgão de Tomosvari, encontrado nos miriápodes, detentora de funções semelhantes nesses animais (Snodgrass, 1935). Ainda dorsalmente, na região cefálica, encontram-se

as manchas oculares. Diferentemente dos insetos, essas são formadas por aglomerados de ocelos, incapazes de formar imagens. São encontrados de zero a oito ocelos por mancha, rotuladas com letras (de “A” à “H”) (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998). Não é incomum redução do número desses ocelos dentro de Poduromorpha e de várias espécies com modificações para o ambiente hipógeo. Entre os ocelos, podem ocorrer microcerdas, macroquetas ou mesmo escamas (Christiansen & Bellinger, 1992).

Ventralmente são vistas as peças bucais, que são mastigadoras ou picadoras. São embutidas na cabeça e então, denominadas entognatos. Devido a isto, o par de maxilas e o par de mandíbulas, só podem ser vistas apenas em suas porções mais distais (Buzzi, 1993). Dessa forma, as projeções laterais do esclerito da cabeça, fundidas ao lábio (ventralmente) e ao clípeo e labro (dorsalmente), formam o arcabouço que protege as peças bucais. De fato, a fusão dessas peças é tão severa que não há mobilidade de nenhuma delas, como nos ectognatos, e podem ser notadas apenas por sulcos e suturas entre os escleritos (Bellinger *et al.*, 1996-2003). Ainda na região ventral, formado pelas suturas do lábio, estão os triângulos labiais, vistos na posição equivalente, no dorso, à inserção do primeiro artigo antenal. As cerdas encontradas nessa região costumam ser de importância taxonômica dentro de vários grupos (Soto, 2000 e Szeptycki, 1979).

A posição da abertura bucal define dois grupos não-naturais. Os prognatos, com a boca voltada para a frente; e os hipognatos, que possuem a região oral voltada completamente para o substrato, quando o animal encontra-se em posição natural, como é o caso de todos os Symphypleona (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998).

O tórax é dividido em protórax, mesotórax e metatórax, com um par de apêndices locomotores por segmento, como em todos os Hexapoda. Em Collembola não há pleuras laterais (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998). Segundo Snodgrass (1935), é provável que a origem dos esternitos laterais esteja relacionada com a migração das peças da subcoxa, nos Hexapoda ancestrais, perdendo a função locomotora. Em Collembola e Miriapoda, tais peças estão presentes nos apêndices locomotores, em detrimento das pleuras laterais, corroborando a idéia da origem da pleura pela subcoxa. O tergo encontra-se presente, cobrindo a região dorso-lateral até a região da articulação das pernas com o tórax (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998). O tórax costuma estar coberto por cerdas de vários tipos, como microcerdas, macroquetas e tricobótrias. Em Entomobryidae, também são comuns escamas (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998 e Soto, 2000).

Os apêndices locomotores estão divididos em epicoxa; coxa; sub-coxa; trocânter; fêmur; tíbio-tarso e complexo empodial. No meta-tarso, existem agrupamentos de cerdas modificadas, muitas vezes intercaladas por uma ou mais vesículas, chamado órgão meta-trocanteral. No tíbio-tarso, em sua região distal, é comum encontrar uma ou mais cerdas rígidas compridas, lisas,



denominadas “tenent-hairs”. Os “tenent-hairs” são responsáveis pela percepção prévia do substrato, antes dos unguis fixar-se ao mesmo, ajudando, provavelmente, no equilíbrio desses animais. O complexo empodial é formado por uma base, com uma pequena cerda, à qual se ligam os unguis e o unguiculus. Essas duas “unhas” dão tração ao animal, semelhantemente às garras tarsais presentes nos pterigotos. De fato, são estruturas consideradas homólogas (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998).

No abdômen estão o tubo ventral, o tenaculum, a fúrcula, poro genital e ânus. Normalmente o corpo é segmentado (com três segmentos torácicos e seis abdominais), mas em *Symphyleona* os segmentos estão parciais ou totalmente fundidos (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998 e Richards, 1968). No primeiro segmento abdominal está localizado ventralmente o colóforo. Formado por um tubo eversível, que responde pela absorção de umidade do ambiente e por prender o animal ao substrato, por efeito de sucção. De fato, o nome do grupo está relacionado com essa habilidade. No terceiro segmento, também na superfície ventral, encontra-se um apêndice com dentes laterais denominado tenáculum. A fúrcula ou apêndice saltador encontra-se ventralmente no quarto segmento abdominal. É formada por uma peça única que se articula com o corpo, o manúbrio, de onde partem um par de artículos denominados dentes, e distalmente, em cada dente, existe um mucro. Esse último é muitas vezes dotado de garras ou pontas, que dão tração em contato com o substrato. Acredita-se que todos os apêndices abdominais sejam derivados de pernas. A fúrcula é o melhor exemplo disso. Assim, o manúbrio seria homólogo aos coxopoditos fundidos, o dente, ao tíbio-tarso e o mucro, ao complexo empodial (Christiansen & Bellinger, 1980, 1998).

Tanto a fúrcula quanto o tenáculo podem ser reduzidos, ou mesmo ausentes em algumas famílias (Veeresh ,1988 *apud* Sautter, 1995). No entanto, a fúrcula em alguns grupos regrediu ou praticamente inexistente. Quando a fúrcula se dobra sobre a região ventral do abdome, o tenáculum se prende entre os dentes e o manúbrio. Assim, ela permanece engatilhada até o momento do disparo, relacionado à fuga. O animal é ejetado do solo, no entanto, sem controlar diretamente a direção na qual será lançado. O quinto segmento abdominal porta a abertura genital (ventral), capaz de indicar o sexo nos *Collembola*. Caso a abertura genital seja uma fenda longitudinal, trata-se de um macho. Sendo transversal, uma fêmea. Em torno dessa abertura existem cerdas, que podem ser modificadas, que em alguns grupos detêm importância taxonômica. Finalmente, no último segmento, está localizada a abertura anal (Christiansen & Bellinger, 1992).

### 2.1.2- Ecologia

Com relação à fauna edáfica, torna-se necessário estabelecer critérios a serem utilizados

para a definição de seus diferentes componentes, uma vez que alguns procurem o solo apenas como refúgio temporário (Wallwork, 1976). Segundo Palacios-Vargas *et al.* (2000), a maioria das espécies do Collembola é restrita à condição edáfica. São reconhecidos três tipos de colêmbolos, relacionados às camadas ou horizontes do solo: os eudáficos (habitam as camadas pouco profundas do solo) que são os verdadeiramente edáficos por serem permanentes habitantes do solo, os hemiedáficos ou semiedáficos (habitam as camadas mais orgânicas), encontrados tanto no solo quanto sobre a vegetação e os epiedáficos (habitam a serapilheira), passando quase que sua totalidade do tempo vital sobre a vegetação. Os Collembola do solo são primeiramente hemiedáficos, apesar que sua distribuição também pode estender-se a outras zonas, como ocorre com espécies ativas e tolerantes (Wallwork, 1976).

Dessa forma os organismos edáficos são classificados quanto ao tamanho do seu corpo, à forma de ocorrência, ao habitat, à nutrição e à locomoção.

Em relação ao seu tamanho: Wallwork (1971) e Richards (1976) *apud* Bzuneck (1988), subdividem a fauna edáfica em: Microfauna (entre 0,029 a 0,2mm), Mesofauna (entre 0,2 a 10mm, no caso dos Collembola) e Macrofauna (maiores que 10mm).

Segundo a sua forma de ocorrência eles podem ser divididos em: Transeunte, Temporária, Permanente ou Geobionte. Em relação aos Collembola, eles são geobiontes (Kevan, 1976 *apud* Ribeiro, 1995).

Quanto à preferência por determinados habitats, podem ocorrer indivíduos aquáticos, que vivem nos espaços preenchidos por água ou nos filmes de água que cobrem as partículas solo; e os terrestres, os quais, grande parte, pertencem a meso e macrofauna. No entanto os Collembola podem viver em diversos locais, tais como; lugares úmidos: solo humoso, no meio de musgos, folhas, bainha de folhas de plantas, detritos vegetais em decomposição. Há espécies que vivem na superfície de águas paradas, sobre a neve ou gelo, ou ainda sobre a água do mar parada entre rochas; outros vivem em formigueiros ou termiteiros. São raros em regiões secas (Buzzi, 1993). Vivem nos espaços do solo, raramente superam os 3mm de longitude, as espécies superficiais podem alcançar uma longitude de 6 –7mm (Burges & Raw, 1971). Vivem em solo descoberto, no folhiço, em campos, sobre a película de água ou mesmo dentro d'água.

Em relação à nutrição, a mesofauna edáfica é classificada como: Carnívoros, Predadores, Parasitas de insetos, Fitófagos, Micófagos, Saprófagos (coprófagos, xilófagos e necrófagos) e alimentação variada (miscelânea). A alimentação dos Collembola é do tipo saprófaga, micófaga e variada. Os organismos citados, em alguns casos podem não se ajustar à nutrição apresentada se faltar seu alimento preferido. Assim, sua dieta variará com a disponibilidade do mesmo. Isso ocorre, com Collembola e outros grupos como, por exemplo, com Nematoda, Acari, larvas de Díptera e

Coleoptera (Wallwork, 1971).

As identificações dos conteúdos intestinais dos Collembola apresentaram muitos problemas, embora se tenha tentado determinar o alimento natural destes indivíduos. Strebel (1963) *apud* Burges & Raw (1971), recolheu do intestino de *Hypogastrura purpurescens*, material vegetal putrefato, micélios de fungos, esporos, pupa de dípteros, Collembola, partes de Enchitreidae em estado de putrefação e suas próprias cutículas. Poole (1959), concluiu, a partir da análise do conteúdo intestinal, que as espécies maiores de Collembola se alimentam de fungos do solo, principalmente. Isso mostra que as formas pequenas parecem comer diretamente o húmus. Segundo Wallwork (1976), não se tem encontrado evidência de alguma espécie de Collembola que tenha diferente preferência alimentar.

Experimentos de laboratório, realizados por Dunger (1956) têm demonstrado que muitos Collembola são capazes de comer grãos atacados primeiramente por microorganismos.

Quanto à locomoção a mesofauna apresenta-se em dois grupos: Cavadores e os Não Cavadores. Este último é o caso dos Collembola que se locomovem através dos espaços naturais do solo (Burges, 1971). Muitos são transportados pelo vento (Buzzi, 1993).

Tem sido demonstrado que os Collembola trocam de posição apresentando uma distribuição vertical ao longo do ano (Strickland, 1947). Na maioria dos casos se interpreta como uma migração vertical durante os períodos de condições climáticas adversas nos níveis superiores do solo apesar de que poderia ser devido, naturalmente, a mortalidade diferencial (Burges, 1971).

O fator mais importante que influi na distribuição vertical dos Collembola é a umidade, portanto são considerados como indicadores das condições hídricas do solo (Burges, 1971).

Os Collembola possuem geograficamente distribuição cosmopolita, vivendo inclusive em desertos, regiões glaciais, zonas costeiras ou mesmo dentro de cavernas (Zeppelini, 1996). Segundo Wallwork (1976), abrange desde os picos do Himalaia, florestas equatorianas, até os desertos gelados do continente antártico. Essa distribuição provavelmente é devido a dois fatores: o primeiro é porque são facilmente dispersados pelo ar e por correntes de água ou em pés de aves; o segundo é por serem antigos. Segundo Bass (2002) há estudos de densidade de Collembola até no Sudeste do Alasca.

Quanto à etimologia, Lubbock (1873) inclui o termo Collembola, indicando a existência de uma projeção ou *mammalia* que permite o indivíduo prender ou colar ao corpo no qual fica de pé. Portanto, *colla* (latim) e *kolla* (grego) significam: cola; *embolon* (latim) e *emballein* (grego) significam: lançado em, ou pino. Esta projeção do tubo ventral tem um papel extremamente importante no fluido e equilíbrio do corpo. Também podem ser usadas para se fixar nas superfícies lisas (Hopkin, 1997).

### 2.1.3- Sistemática e Filogenia

O Collembola engloba diminutos Arthropoda Hexapoda, juntamente com Protura forma o grupo denominado Ellipura (Zeppelini, 1996).

Segundo Eisenbeis & Wichard (1985), a classe Collembola pertence à subclasse Apterygota. Numericamente os Collembola, ocupam o segundo lugar, na fauna aeróbia do solo, ocasionalmente podem ser mais numerosos que os ácaros.

Devido à incerteza quanto à posição filogenética dos Collembola dentro de Arthropoda, muitos pesquisadores utilizam a classificação do grupo como pertencente à Classe Insecta. Já Bellinger *et al.* (1996-2003) considera como Classe Collembola. Nesse trabalho, tal reconhecimento taxonômico também será utilizado.

Mundialmente são conhecidas mais de 7.500 espécies de Collembola. São cosmopolitas. O maior potencial de diversidade desse grupo é esperado para a região Neotropical, totalizando até o momento, mais de 1.270 espécies descritas (Mari-Mutt & Bellinger, 1990). No Brasil já foram descritas 196 espécies, representando 78 gêneros dentro de 19 famílias; no entanto, o número total de espécies é certamente muito maior. A ausência de dados brasileiros é um reflexo da pequena quantidade de profissionais atuantes na área (Culik & Zeppelini, 2003).

Os Collembola passam por alguns estádios de muda ou ecdises à medida que crescem. A morfologia deles é fixa desde o nascimento não apresentando metamorfose. Esta característica indica uma origem antiga desses Arthropoda (Buzzi, 1993). Existem fósseis de Collembola do Devoniano (cerca 400 milhões de anos atrás) que está entre os registros conhecidos mais velho de animais terrestre. Estes organismos são virtualmente onipresentes em sistemas terrestres antigos (Hopkin, 1997).

Os Arthropleona possuem corpo segmentado, onde as divisões são bem aparentes, de forma que se pode identificar todos os segmentos torácicos e abdominais. O corpo arredondado de Neelipleona advém do aumento dos dois últimos segmentos torácicos, em detrimento do tamanho do abdômen. Symphypleona possui segmentos fundidos, com um “grande abdômen” proeminente. Destacam-se apenas as dobras dorsais entre os segmentos torácicos e o quinto e sexto segmentos abdominais, podendo estar fundidos entre si. São animais hipognatos, com antenas, fúrcula e apêndices locomotores bem desenvolvidos. O colóforo, apresentando sacos evertidos, geralmente é muito longo (Betsch, 1980).

Há discussões a respeito dos Arthropleona, se são ou não, um grupo monofilético, já que inclui apenas Poduromorpha e Entomobryomorpha. Acredita-se que Symphypleona e Neelipleona

surgiram a partir de Entomobryomorpha e suas exclusões de Arthropleona tornam o táxon inválido. Entomobryomorpha contém Arthropoda com protórax curto, membranoso, sem escleritos. Possuem normalmente longas pernas e fúrcula, assim como antenas bem desenvolvidas. Poduromorpha, grupo basal dentro de Collembola, tem todos os segmentos torácicos igualmente esclerotizados. Os segmentos dos integrantes desse grupo são relativamente globosos. Suas antenas geralmente são curtas, com fúrcula e tenáculum pouco desenvolvidos, ou mesmo vestigiais. É comum a esse grupo a perda ou redução do unguículus (Bellinger *et al.*, 1996-2003). Todas essas observações ainda não estão definidas, portanto, são consideradas dignas de discussões.

## 2.2- Reprodução

A flutuação estacional dos Collembola é limitada a períodos do ano, mas é difícil demonstrar a existência de um ciclo anual (Burgess, 1971).

Para Wallwork (1971), as flutuações populacionais da mesofauna estão relacionadas com a duração do ciclo biológico e número de gerações anuais das espécies constituintes. A maioria das espécies de Collembola apresenta somente um pico de população durante o ano, sendo que algumas espécies demonstram pico de verão, ou no inverno ou em estações intermediárias (Usher, 1970).

Os Collembola são ametabólicos, isto é, do ovo eclode uma ninfa que, através de ecdises e desenvolvimento do aparelho reprodutor, atinge o estado adulto (Gallo *et al.*, 1988).

Suspeita-se que a capacidade reprodutiva dos Collembola é bem maior que a dos Acari. Não apresentam órgão copulador, somente algumas espécies apresentam dimorfismo sexual importante. A duração da incubação dos ovos varia de uma espécie para outra e conforme as condições de umidade e de temperatura do solo. Os ovos resistem mais do que os adultos às adversidades do pedoclima e podem constituir forma de sobrevivência. Em geral são necessários de 30 a 50 dias entre a eclosão e a fase de reprodução (Brachelier, 1978 *apud* Vargas & Hungria, 1997).

Em climas temperados, algumas espécies de Collembola apresentam várias gerações por ano. O ciclo de vida é de cerca de dois meses, podem estender a cinco em alguns casos até 10 meses. A quantidade de ovos postos é variável. Algumas espécies podem pôr seis lotes de ovos durante certo período, e cada lote pode conter até 50 ovos. Geralmente a reprodução sexual é um fator normal na maioria dos Collembola, mas a partenogênese pode ocorrer em algumas espécies (Hale, 1971).

A distinção entre os sexos é difícil, porque não há órgãos copulatórios. A abertura genital é transversa na fêmea e longitudinal no macho. Em Collembola a transferência de esperma é indireta, semelhante à dos Oribatei, onde há deposição pelo macho, do espermatóforo que é recolhimento

pela fêmea (Veeresh, 1988 *apud* Sautter, 1995). A deposição pode ser de diferentes formas, dependendo da espécie. Nos Onychiuridae, uma simples gota de esperma é produzida independentemente da presença de outros indivíduos e sem orientação; em *Orchesella* spp., gotas providas de hastes produzidas como nos Onychiuridae, e com possibilidade de aumento de deposição na presença de um companheiro. Já no gênero *Dicyrtoma* spp. gotas com hastes são produzidas de forma não orientada, mas requerendo a presença de uma fêmea e em *Sminthurus* spp. e *Podura* spp. as gotas são únicas, mas com a deposição e o recolhimento controlados pela fêmea (Christiansen, 1964).

### 2.3- Importância dos Collembola

A Mesofauna edáfica, segundo Butcher *et al.* (1971), Dunger (1983), Bzuneck (1988) e Sautter (1995), por serem os artrópodes do solo mais numerosos e melhores distribuídos, possuem uma função catalizadora da atividade microbiana na decomposição de matéria orgânica, distribuição de esporos, inibição de fungos e bactérias causadores de doenças e ainda são utilizadas como bioindicadores ambientais e de fertilidade do solo; bem como exercem importante função no processo de humificação do solo.

Os Collembola contribuem ainda para a formação do solo, alimentando-se de materiais orgânicos grosseiros que, após sofrerem ação de enzimas, serão parcialmente excretadas na forma de fezes. Estas são adicionadas ao solo podendo ser aproveitadas pelos demais organismos da cadeia alimentar, dando como produto final o húmus e assim auxiliando na mineralização de nutrientes (Hale, 1971; Thompson & Edwards, 1974 e Primavesi, 1984). A matéria orgânica do solo consiste de detritos vegetais decompostos pela microflora e fauna do solo e parcialmente polimerizados, formando moléculas complexas, os ácidos húmicos, que são responsáveis pela relativa resistência do húmus do solo à degradação (Döbereiner, 1986).

Os Collembola são Arthropoda muito abundantes, perdendo em concentração apenas para os Acari, e seu diminuto tamanho, faz com que sejam presas ideais para outros Arthropoda, daí sua importância nos ecossistemas (Eisenbeis & Wichard, 1985). Assim, sustentam inúmeras cadeias tróficas ao servir de alimento para vários Arthropoda, especialmente a Arachnida e Insecta em desenvolvimento (Zeppelini, 1996). Por serem indivíduos muito pequenos, são pouco conhecidos. Em algumas localidades, são reconhecidos como pulga-dos-jardins ou frieiras. Dificilmente os Collembola podem se tornar pragas em jardins ou na agricultura (Miranda-Rangel & Palacios-Vargas, 1992). Raramente são prejudiciais às sementeiras, onde "roem" plantas recém germinadas, facilitando a penetração de fungos no solo (Gallo *et al.*, 1988).

Bund (1970) *apud* Bzuneck (1988), relata que os Collembola podem ser usados como

bioindicadores das condições ambientais, quando comparados a fatores com situações semelhantes como: estrutura, umidade, textura, quantidade de matéria orgânica, cobertura vegetal e nos casos de solos agricultáveis os defensivos. Utilizando-se microartrópodes (Acari e Collembola) como indicadores da atividade metabólica que ocorre no solo de floresta, Vannier (1980) verificou que ocorre colonização por Collembola, significativamente mais intensa do que por Acari em solos alcalinos, apresentando o inverso em amostras de solo ácido. Tal fato, segundo este autor, indica que pode ser possível a caracterização da atividade biológica do solo através de sua invasão por microartrópodes, relacionada ao crescimento microbiano relativamente rápido, acentuado por uma prévia dissecação de amostras de solo.

Os Collembola podem ainda, favorecer o aumento da nodulação de bactérias fixadoras de nitrogênio por duas razões (Lussenhop, 1993). Primeiro, porque a mistura física causada por sua atividade pode induzir aumento do crescimento da população bacteriana e assim aumentar a densidade de *Rhizobium* spp. e segundo porque os Collembola podem transportar *Bradyrhizobium* spp. até as raízes.

## **2.4- Efeitos das propriedades do solo sobre os Collembola edáficos**

Tanto os microrganismos quanto a mesofauna do solo são capazes de modificar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Por outro lado, a biota também é afetada pelo tipo de uso do solo, sendo um reflexo do manejo (Pankhurst & Lynch, 1994).

### **2.4.1- Influências químicas**

A acidez pode influenciar os Arthropoda do solo, tanto de maneira direta quanto indireta. As fontes de alimentos podem ser afetadas via balanço entre bactérias e fungos, sendo os fungos, favorecidos em pH mais baixo (Collins *et al.*, 1978). Apesar de existirem espécies de Collembola relacionadas a pH específicos, a tolerância geral está em torno de 6,0 a 7,8 sendo que o ponto de maior reprodução é de 7,2 a 7,5 e em pH 8,5 a 9,7 não há reprodução. Gisin (1948) *apud* Sautter (1995) indicou que as diferentes espécies de Collembola se apresentam em solos de diferentes grau de acidez e tipicamente basófilo.

### **2.4.2- Influências físicas**

Segundo Sautter (1995) a textura e a estrutura do solo são fatores selecionadores e limitantes da fauna do solo.

A fauna muda qualitativamente, predominando os pequenos Arthropoda, quando o volume de poros é reduzido. É evidente também que o tamanho dos poros é um fator limitante na profundidade ocupada pelos Arthropoda do solo, por restringir os movimentos dentro dele (Butcher *et al.*, 1971). Bzuneck (1988) afirma que a compactação dos solos afeta a mesofauna, principalmente os Collembola e alguns Acari.

a. a- Umidade:

Reddy (1984), verificou que Collembola se desenvolvem bem, quando a umidade do solo variava de 12% a 36%. Rutherford & Juma (1989) *apud* Sautter (1995), citam que há correlação positiva entre Collembola e a água no solo. Condições de seca motivam os a migrarem para partes mais profundas do perfil do solo, e retornarem para a superfície quando o solo estiver mais úmido. Muitos são suscetíveis a dissecação e à perda de água cuticular.

A baixa umidade do solo resulta em migração, queda na reprodução e alta mortalidade dos organismos. Outros comportamentos podem ainda ser observados como: construção de células protetoras, diferentes graus de inatividade, ecomorfose, e mudanças drásticas no fenótipo, como a esterilização de machos e fêmeas e retardamento no desenvolvimento sexual de formas imaturas (Butcher *et al.*, 1971).

a. b- Temperatura:

Em geral, pode-se inferir que os Collembola são relativamente resistentes a baixas temperaturas, sendo que algumas espécies são capazes de sobreviver a temperaturas de até  $-50^{\circ}\text{C}$ . Normalmente, baixas temperaturas levam estes organismos a um estado de inatividade, o que ocorre entre  $4^{\circ}\text{C}$  e  $-4^{\circ}\text{C}$ . Poucas espécies, principalmente Isotomidae, são ativas a temperaturas entre  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $-10^{\circ}\text{C}$ . Temperaturas entre  $6^{\circ}\text{C}$  e  $12^{\circ}\text{C}$  são requeridas para desenvolvimento normal. Quanto mais alta a temperatura, maior a mortalidade, com DL 100 entre  $34^{\circ}\text{C}$  e  $40^{\circ}\text{C}$  e poucas espécies parecem resistir a temperaturas tão altas quanto  $55^{\circ}\text{C}$  (Christiansen, 1964).

## **2.5- Efeitos das atividades agrícolas sobre os Collembola do solo**

Com o crescente aumento da população humana, a agricultura tem assumido, forma ascendente, caráter complexo e intensivo, caracterizado por uma exploração do solo que, em muitas



situações, não respeita sua capacidade de uso (Vargas & Hungria, 1997). Gerando drásticas conseqüências ao solo, como compactação, erosões, perda de umidade e nutrientes, além acúmulos de substâncias tóxicas no solo e efeitos negativos nos seres vivos.

A transformação de áreas de florestas ou de pastagens para cultivo implica numa mudança súbita no nicho ecológico do solo, pois a quantidade de resíduos vegetais que serve de alimento para os organismos é drasticamente reduzida. A subsolagem, aplicações de fertilizantes e calagem conduzem a criação de ambiente completamente diverso para os habitantes do solo. Do mesmo modo, drenagem e irrigação podem exercer influência drástica nas relações de umidade e de aeração, com seus efeitos concomitantes sobre os organismos do solo. As práticas agrícolas, como a monocultura, mostram tendência em reduzir a diversificação de espécies, porém aumentará o número de organismos daquelas espécies resistentes (Buckmann & Brady, 1983 *apud* Sautter, 1995).

Normalmente a literatura das técnicas de conservação de solo não dá o devido valor aos organismos benéficos do solo, principalmente os seres da micro, meso e macrofauna.

Entre todas as práticas conservacionistas do solo (caráter: edáfico, vegetativo e mecânico), a prática de caráter edáfico não consta à lembrança da mesofauna, ainda que esta pertença ao horizonte O e A. O conceito dessas práticas se refere apenas a respeito do solo em si, procurando manter ou melhorar sua fertilidade; utilizando algumas medidas (ajustamento à capacidade de uso: eliminação ou controle de queimadas, adubações e rotação de culturas) (Lepsch, 1980).

Portanto o homem tem um grande poder em mãos, tanto algumas restrições ambientais podem ser minimizadas e até superadas, quanto podem ser acentuadas ou até geradas. Durante os últimos anos, os estudos científicos do solo seguiram diferentes caminhos, e isto propiciou avanço de uma consciência cada vez maior no que refere a conservação do solo.

Segundo Burges (1971), na Inglaterra, grande parte dos trabalhos mais antigos estão associados a estudos em agricultura, e particularmente relacionados aos problemas químicos. Portanto acerca da fertilidade do solo, considerava-se apenas a quantidade de NPK presentes. Mais tarde, quando se preocupou em estudar a estrutura do solo, particularmente a umidade, começaram-se estudos da física do solo. Com o descobrimento dos nódulos das leguminosas e a fixação de nitrogênio, muitos investigadores estudaram outros processos associados com o crescimento microbiano do solo. A partir daí, despertaram-se interesses particulares de pesquisadores no campo da microbiologia (bactérias, actinomiceto e fungos) e da zoologia (vermes, artrópodes e muitos outros animais do solo), investigando tanto as espécies presentes, como o papel que estas representavam nos processos transformadores do solo. Esse mesmo autor salienta que, após 1960, devido às informações obtidas nos diversos ramos da ciência, o homem está tentando conseguir um

esquema completo de muitos processos integrados que se desenvolvem no solo e compreendê-los.

A falta de pesquisa básica e a não-aplicação de um manejo ecológico correto, foram pontos decisivos para a degradação de muitas pastagens. Mais recentemente, na tentativa de reverter o quadro de degradação, algumas alternativas têm sido propostas para viabilizar uma agricultura sustentada que apresente alta diversidade vegetal e animal (Fernandes *et al.*, 1994; Gash *et al.*, 1996). Embora existam ainda muitas dificuldades em conservação do solo, é motivadora a crescente preocupação da importância em estudos sobre os efeitos das atividades agrícolas sobre a mesofauna edáfica.

#### 2.5.1- Compactação do Solo

A mudança do ecossistema natural para o agroecossistema provocou alterações profundas nas propriedades do solo. A adoção de métodos de manejo de solo é datada de épocas remotas, porém foi intensificada no período de grande desenvolvimento dos países industrializados (Vargas & Hungria, 1997). A queda do potencial produtivo do solo se dá através de práticas de manejo inadequadas e a uma exploração do solo, que desrespeita a capacidade de uso, que favorece também a compactação.

Até em ambiente de floresta existe um certo grau de compactação do solo, o que faz reduzir o número de indivíduos da mesofauna edáfica Vieira *et al.* (1998). Em sistemas agrofloretais de diferentes áreas perturbadas os grupos dominantes encontrados foram Formicidae e Isoptera, e principalmente Acari e Collembola (Oliveira & Franklin, 1993; Oliveira, 1993).

#### 2.5.2- Erosão do solo

Com o emprego de máquinas de grande porte e a intensificação cada vez maior das atividades de preparo do solo, como arações, gradagens e escarificações, entre outras, promovem uma acentuada degradação de caráter químico, físico e biológico, comumente observada em forma de erosão (Fancelli & Favarin, 1989).

Segundo Wallwork (1976), há decréscimo geral na diversidade e na abundância da fauna do solo, quando este é arado e plantado. Quando o solo é misturado, ele se torna friável e é perdido, e quando uma cobertura temporária é colocada no lugar de uma cobertura vegetal permanente, as chances da camada superior do solo ser removida por vento e água são grandemente realçadas. Esta ação pode ser diretamente responsável pela remoção de grande parte da fauna edáfica. Muitos fatores podem contribuir para os processos de erosão, dentre eles, clima e topografia são de grande importância. O grau de erosão de um solo agrícola, de acordo com Atlavinite (1965), pode variar com o tipo de cultura implantada, e é maior sob culturas temporárias do que sob perenes.

Gramíneas perenes são de grande importância para a fauna do solo, por possuírem grande biomassa radicular, que juntamente com a liteira dispõe alimento aos Arthropoda do solo (Steen, 1983). O sistema radicular de monocotiledôneas, como o milho, serve para conter o processo de erosão por ligamento das partículas do solo. Portanto, a erosão pode ser mais severa em solos cultivados com batata ou cenoura, do que com cereais. O número de Acari e Collembola é muito maior no sistema radicular das plantas do que no solo desprotegido de áreas em plantio. (Bund, 1970 *apud* Sautter, 1995).

Numa pesquisa realizada no município de Dourados-MS, mostra que houve impacto em quatro sistemas de cultivo sobre a fauna de solo (os Acari Oribatei, Gamasida e os Collembola). O sistema de pastagem contínua apresentou menor impacto sobre a fauna de solo seguido da rotação agricultura pecuária e do sistema de plantio direto, sendo que a densidade populacional mais baixa foi no plantio convencional (Mussury *et al.*, 2002).

### 2.5.3- Os fertilizantes e os Collembola

A área sob vegetação de cerrados ocupa aproximadamente 180 milhões de ha, onde os solos são fracos do ponto de vista das explorações agrícolas, apresentando menor disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo, são ácido e muito sujeitos a lixiviação (Monteiro, 1992). Portanto, nestas áreas a utilização de insumos para reparação do solo é elevada. Por isso, é muito importante observar os aspectos de contaminação ambiental resultantes de adubação química e do emprego de defensivos agrícolas como herbicidas, inseticidas e fungicidas.

As modificações do solo pela atividade agrícola não só influem no número de indivíduos do solo como também na quantidade de espécies edáficas (Primavesi, 1984). Devido às baixas populações desses organismos, ocorrem impactos negativos à fertilidade do solo (Dunger, 1956).

Os fertilizantes minerais afetam a estrutura do complexo dos Arthropoda do solo indiretamente, particularmente em relação aos Collembola. Por isso eles são considerados bioindicadores sensíveis às mudanças verificadas pelas aplicações de fertilizantes minerais completos no solo (Blinnikov *et al.*, 1982 *apud* Bzuneck, 1988).

A aplicação de fertilizante mineral (NPK) em um campo causou mudanças na densidade de Collembola, ocorrendo abundância crescente (Zyromska-Rudzka, 1976). A população de Collembola aumentou com acréscimo de doses de NPK, mas com aumento de três vezes da dosagem, a população começou a reduzir.

Em pesquisas realizadas com diferentes sucessões de culturas e tipos de adubação, Nuernberg (1983) *apud* Bzuneck (1988) observou que a densidade populacional e a atividade de

microrganismos foram menores em parcelas sem adubação, sendo que a adubação organomineral proporcionou maiores densidades populacionais, semelhantes aquelas obtidas sob outros tipos de adubação. Esta pesquisa, dentre outras, demonstraram a viabilidade de melhoria da vida no solo através de adubação mineral (Vidor, 1969 *apud* Bzuneck, 1988).

Apesar de existirem evidências contraditórias, parece que a maioria dos tipos de fertilizantes tende a induzir aumento do número de Collembola no solo, sendo o esterco o mais eficiente. É possível que este acréscimo seja em parte devido ao decréscimo dos predadores e dos grupos competidores. O aumento do conteúdo orgânico do solo, resultado da aplicação de esterco, representa aumento de material alimentar rico em nitrogênio, também há estabilização da umidade do solo. Estes dois efeitos vão criar um ambiente melhor para os organismos edáficos (Leuthold, 1961).

#### 2.5.4- Agrotóxicos

Os agrotóxicos pertencem à categoria especial de insumos que promovem benefícios indiretos à produtividade, uma vez que o objetivo de sua utilização é o de evitar a perda nas safras. De acordo com este objetivo, os defensivos dividem-se em três funções: fungicidas (controlam doenças fúngicas), inseticidas (controlam insetos) e herbicidas (controlam ervas e outras plantas invasoras).

Com o incentivo financeiro do governo, aumentara-se muito a produção agrícola entre as décadas de 60 e 80. Com isto aumentou também o uso de agrotóxicos, o qual trouxe conseqüências desastrosas, tais como: intoxicações humanas e de animais domésticos, aparecimento de pragas resistentes, contaminação de alimentos, resíduos na população (ação carcinogênica), poluição ambiental (Monteiro, 1992).

O emprego de agrotóxicos destrói um certo número de organismos. Embora, existam sempre indivíduos numa população que são naturalmente resistentes, quer por mecanismos fisiológicos ou por particularidades morfológicas. Com o uso desses produtos, espécimes naturalmente resistentes permanecem e se multiplicam, e se o produto for utilizado de maneira excessiva e indiscriminada, mais fácil e mais rápido será o desenvolvimento dessas populações resistentes (Monteiro, 1992).

Thompson & Edwards (1974) relatam que os defensivos embora sejam aplicados à folhagem dos vegetais, à superfície do solo ou incorporados ao próprio solo, uma elevada quantidade destes produtos eventualmente é deslocada para o interior do solo, influenciando o comportamento de sua fauna e da flora. A degradação dos defensivos nos solos é um processo

complexo, por ser afetado pela volatilização, oxidação, hidrólise e decomposição microbiana. O movimento dos resíduos está associado com a quantidade de água no solo. Os resíduos podem ser levados com o escoamento superficial e/ou absorvidos pelas partículas do solo (Bzuneck, 1988).

A avaliação do efeito dos defensivos sobre a população de Acari e Collembola é complexa em virtude das amplas áreas de habitat, da alimentação e do ciclo de vida. Muitas espécies são predadoras e quando estas morrem, aumentam o número de presas (Thompson & Edwards, 1974).

Vieira & Santos (2001) em seu trabalho com aplicação de agrotóxicos (Primestra+Zeta, Poast, Classic+Cobra, Sanson e Clorpirifós), concluíram que há uma elevada alteração da população edáfica, aumentando a altos índices ou reduzindo a baixos níveis. Embora, após a aplicação dos agrotóxicos, a população se restabeleça.

#### 2.5.5- Fungicidas

A maior parte dos fungicidas não tem efeitos deletérios aos organismos da fauna edáfica, mas os fungicidas Carbendazin, como Benomyl, são moderadamente tóxicos a uma grande variedade de invertebrados edáficos (Edwards, 1985).

Tomlin (1977) observou que o Benomyl provocou 100% de mortalidade em *Folsomia candida*. A maioria dos Collembola hemi e epiedáficos, que predominantemente se alimentam de fungos, foram insignificativamente afetados pelo Benomyl, pois a aplicação desse produto provocou nos Oribatei certa depressão gradual, seguida de estimulação (Petersen & Krogh, 1987).

Foi constatado em outro estudo realizado em campo cultivado com trigo no sul da Inglaterra, que não houve efeito consistente dos fungicidas benzimidazole e triazole sobre a população de Collembola. Embora tenha ocorrido um efeito negativo passageiro de propiconazole e triadimenol na abundância total dos Collembola (Frampton & Wratten, 2000).

#### 2.5.6- Inseticidas

Relativamente poucos inseticidas são tóxicos o suficiente para reduzir a população de muitos grupos de habitantes do solo. Alguns organismos são muitos mais sensíveis aos inseticidas que outros, assim os efeitos gerais freqüentemente se restringem à quebra do balanço entre as populações (Edwards, 1985).

Estudos experimentais mostraram que *Cyphoderus* sp. pode ser empregado como um bioindicador potencial de impacto de inseticida no solo (Joy & Chakravorty, 1991).

Wibo (1973) constatou sensível queda na população de *Folsomia quadriocollata* após a

aplicação de Lebaycid.

Os inseticidas organofosforados são menos persistentes no solo do que os organoclorados e seus efeitos na população edáfica são extremamente variáveis (Edwards, 1985). Os organofosforados provocam inibição da colinesterase (Massoud, 1976). Thompson & Gore (1972), estudando 29 inseticidas diferentes, chegaram à conclusão que os mais tóxicos para *Folsomia candida* são os organofosforados. Massoud (1976) afirma que 58% a 96% dos Collembola subsistem após a aplicação de Parathion e Diazinon, respectivamente.

Num estudo de impacto a longo prazo com inseticidas organofosforados, realizado por Frampton (2002), notou-se que algumas espécies de Collembola desapareceram em campo e sem recuperação durante o período de estudo.

Entre os carbamatos, o Carbaryl promove efeitos mais positivos que negativos na fauna do solo, o que sugere uma mortalidade dos predadores, e assim havendo maior número de Oribatei e Collembola (Hoy, 1980).

A densidade dos grupos de Acari e Collembola sofreu um declínio persistente e estatisticamente significativo quando se usou o aldrin 30 EC (0.25%) e o endosulfan 35 EC (0.33%) em solo cultivado com trigo. Embora o dimethoate 30 EC (0.125%) e phosphamidon 85 EC (0.03%) aplicado só em campos de mostarda produziu um declínio temporário. Já em estudos de laboratório mostraram que todos os inseticidas anteriores mais o monocrotophos 36 EC (0.2%), parathion de metil 50 EC (0.05%), chlordane 20 EC (0.125%), e carbaryl 50 WP (0.625%) tiveram um impacto direto sobre *Cyphoderus* sp. Enquanto a *Xenylla* sp. aparentou ser um pouco resistente (Joy & Chakravorty, 1991).

#### 2.5.7- Herbicidas

Os herbicidas são necessários para proteção das lavouras contribuindo para o aumento da produtividade. Eles são utilizados para eliminar plantas daninhas. Podem afetar a entomofauna além das plantas cultivadas no agroecossistema (Almeida & Rodrigues, 1988).

Em 1964, o Brasil importou cerca de 365 toneladas de herbicidas. No final da década de 70, o consumo total de defensivos agrícolas nacional era de 16 mil toneladas. Já em 1984, esse consumo total foi de 61 mil toneladas; apresentando um crescimento de 279% em 20 anos. Este aumento ocorreu devido ao início da produção nacional de herbicidas; pois em 1983, 450 toneladas de herbicidas foram produzidas (Monteiro, 1992).

Inúmeros agrotóxicos são usados na agricultura, para controle de pragas e ervas daninhas. Dentre eles destaca-se o herbicida atrazina, intensivamente utilizado nas culturas de cana-de-açúcar,

milho e sorgo. Grande parcela do herbicida, que é aplicado na agricultura, entra em contato com o solo, podendo ser lixiviado, atingindo as águas superficiais. Neste sentido, alguns animais podem ser utilizados como monitores biológicos tanto do ambiente aquático quanto das camadas superficiais do solo, para auxiliar no estudo de ecotoxicologia (Jacomini, 2002).

Antes os herbicidas eram originados de metais pesados, hoje é de produtos orgânicos, portanto são fáceis de serem utilizadas pelos microrganismos como alimento, podendo assim, serem metabolizadas. Diante disto, não exercem grandes influências negativas sobre as populações de Arthropoda edáficos (Almeida & Rodrigues, 1988).

Quando os herbicidas são aplicados no solo, a população desses microrganismos tem capacidade de utilizá-los, aumentando a densidade até a decomposição do produto e após a redução na demanda desta fonte de alimento, retornam à normalidade. As espécies que delas dependem se reproduzem acompanhando a abundância dos herbicidas e a população das que são antagônicas ou susceptíveis, diminuem. Na decomposição microbiana dos herbicidas, metabólitos podem ser formados, gerando através dos efeitos biológicos, diferentes produtos em relação ao original, embora as conseqüências do seu efeito sobre esta população sejam semelhantes (Almeida & Rodrigues, 1988). Isto pode ter embasamento no conceito ecológico sobre resiliência, que é uma propriedade dos ecossistemas, a qual permite a recomposição dos ambientes após um distúrbio natural ou antrópico (Costa, 2003).

Os resíduos vegetais contaminados com herbicidas, durante e após a aplicação, podem causar efeito negativo nas espécies representativas da fauna do solo, conseqüentemente, isto reflete no processo de fragmentação dos resíduos vegetais (Eijsackers, 1980). Afetam principalmente as populações que se alimentam de raízes de plantas ou material orgânico em decomposição. Desse modo, os herbicidas podem afetar os invertebrados do solo tanto diretamente, se eles forem tóxicos, ou indiretamente, afetando plantas e o ecossistema edáfico (Prasse, 1985).

Prasse (1985) utilizou Prometryn, Simazine, 2,4-D e MCPA na dose recomendada, e o dobro desta nas culturas do trigo, da cevada e da aveia. Verificou que as duas doses aplicadas induziram redução da população de Collembola.

O herbicida atrazina é uma substância xenobiótica, capaz de induzir toxicidade moderada no homem causando dores abdominais, diarreias e alterações dermatológicas. Em elevadas doses é um desequilibrador endócrino e agente causador de carcinomas (Jacomini, 2002).

Fratello *et al.* (1985), menciona que o Atrazina, nas doses de 5 e 8 Kg/ha, utilizada para o controle de plantas invasoras na cultura do milho, após cinco meses de aplicação, ainda apresentava resíduo na camada superficial do solo. Ambas as doses induziram redução da população de Collembola até a profundidade de 10 cm, sendo a maior dosagem, naturalmente, a mais drástica.

Os herbicidas Paraquat e Atrazina, segundo Thompson & Edwards (1974), podem matar os Collembola do solo, mas o efeito não é tão deletério.

Jacomini (2002) verificou que ocorre bioacumulação do herbicida atrazina nas partes moles de duas espécies de moluscos bivalves o *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) e o *Corbicula fluminea* (Muller, 1789), no estado de São Paulo.

A maioria dos produtos à base de glyphosate é feita ou usada com um surfactante, produto que auxilia o glyphosate a penetrar no tecido celular das plantas. O surfactante usado no produto mais comum à base de glyphosate é mais tóxico que o próprio glyphosate puro; a combinação dos dois fica ainda mais tóxica (Cox, 1998).

Em testes de campo em Iowa e Nova Iorque o glyphosate foi detectado nos rios depois de ter sido aplicado em florestas e áreas urbana e agrícola. Além de ter apresentado redução nas populações de insetos benéficos, aves e pequenos mamíferos pela destruição da vegetação essencial para sua alimentação e habitat. Em testes laboratoriais, este herbicida aumentou a suscetibilidade das plantas às doenças e reduziu o crescimento das bactérias fixadoras de nitrogênio (Cox, 1998).

O 2,4-Dichlorofenoxiacético (2,4-D) é um representante dos herbicidas do grupo fenoxiacéticos, usualmente aplicados às plantas cultivadas, com o objetivo de controlar ervas de folha largas anuais ou perenes, sendo absorvidas pela folhagem e pelas raízes destas espécies. Sendo o seu principal modo de ação é a interferência com o metabolismo de ácidos nucléicos e o distúrbio do sistema de translocação das plantas, com acumulação de sintetizados na parte aérea e suprimento reduzido às raízes (Almeida & Rodrigues, 1988).

Almeida & Rodrigues (1988) cita o trabalho realizado com o herbicida 2,4-D, afirmando que as espécies de Collembola foram pouco afetadas mesmo com aplicações contínuas em anos consecutivos.

A toxina natural do *Bacillus thuringiensis* não causa danos a população de Collembola. Embora, tenha sido constatado pelos dados apresentados, segundo Agência de Proteção Ambiental dos EE.UU; que o milho *Bt* da Novartis (com altas concentrações da toxina Cry1Ab) causa dano ao Collembola, os quais são considerados indivíduos benéficos. Também outros estudos têm demonstrado que a toxina *Bt* pode persistir nos solos até oito meses e reter sua toxicidade (Koskella & Stotzky, 1997).

A partir da década de 80, as conseqüências da utilização de agrotóxicos passaram a ser avaliadas quanto aos aspectos ambientais à presença de resíduos em alimentos, efeitos na saúde pública e repercussões sociais, sendo enfatizadas medidas de racionalização do consumo (Rüegg *et al.* 1986).

Ultimamente a agricultura tem assumido os contratempos que os impactos da atividade



intensiva acarretou, respeitando mais os limites da natureza e reconhecendo a importância de sua conservação (Döbereiner, 1986). Apesar desta consciência vir a desenvolver aos poucos, nota-se que as mudanças exequíveis vem se concretizando a passos lentos, não pela consciência ecológica em si, mas pela necessidade de saúde humana e para isso são necessários hábitos sérios de respeito ambiental.

Apesar do plantio direto ser implantado para reduzir esses impactos ao solo, fauna, flora e a saúde humana, este sistema foi implantado graças à importação dos herbicidas no Brasil. No entanto quanto mais se implementa o Plantio direto, mais haverá necessidade da utilização de herbicidas.

Em sistema de plantio direto, no município de Dourados-MS, o custo de produção no ano de 2000, foi de 8,50 US\$/l, e a respectiva quantidade de herbicidas empregados foi de 6.200 Kg/ha (Nakamae & Pastrello, 2001).

#### 2.5.8- O Sistema de Plantio Direto

Com o lançamento dos herbicidas, foi aberto um caminho para o sistema de plantio direto. Com isso, tornou-se possível eliminar as plantas indesejáveis sem a necessidade de revolvimento do solo (Iapar, 1981). Essa técnica consiste em colocar as sementes em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficiente para obter boa cobertura vegetal e adequado contato da semente com a terra (Muzilli, 1981).

O plantio direto foi introduzido no Brasil no início da década de setenta. O seu principal objetivo, como um método alternativo de preparo de solo, era de controlar a erosão nas lavouras cultivadas com a sucessão de culturas de trigo e de soja, na Região sul do país. Seu papel era buscar expressar o potencial genético das culturas em sua plenitude através da maximização do fator ambiente e do fator solo, reduzindo, contudo, a degradação dos recursos naturais (Döbereiner, 1986). Pelos resíduos vegetais ficarem retidos na superfície, a estrutura do solo permanece e a temperatura e umidade são mais moderadas e assim o hábitat pode ser mais favorável à fauna edáfica (Perdue & Crossley, 1989).

Foi largamente divulgado que o cultivo do solo causa declínio na abundância e diversidade da fauna do solo, em comparação com ecossistemas não cultivados. Outrossim, práticas conservadoras de cultivo como o cultivo mínimo e/ou plantio direto geralmente suportam populações maiores de Arthropoda edáficos que o plantio convencional (Perdue & Crossley, 1989). Shams *et al.* (1981), Winter *et al.* (1990), Bzuneck & Santos (1991) e Sautter, (1995) constataram maior população de Collembola no sistema de plantio direto do que no plantio convencional. O

número total de microartrópodos foi superior no sistema orgânico em relação ao sistema convencional. As maiores populações foram do grupo Collembola. Para o grupo dos Acari a maior população foi na superfamília Oribatuloidea, sendo que outros grupos também foram ocasionalmente coletados, como os Aranae, Chilopoda, Dyplopoda, Pauropoda, Protura e Symphyla (Bettiol *et al.* 2002).

Binsfeld *et al.* (2001), constatou em seu trabalho realizado no município de Dourados/MS, que o número de organismos edáficos (Acari e Collembola) apresentou elevada diferença entre o plantio direto e o convencional. Sendo que no plantio direto a população média/anual foi de 9.679 indivíduos/m<sup>2</sup>, enquanto que no sistema de plantio convencional, ocorreram apenas 912 indivíduos/m<sup>2</sup>.

De acordo com Shams *et al.* (1981) esta diferença, entre os dois tipos de sistemas de plantio em relação ao número de Arthropoda edáficos, foi atribuída aos seguintes fatores: o primeiro é em relação a pouca movimentação do solo no plantio direto, o segundo é em relação aos resíduos vegetais deixados na superfície do solo sob plantio direto, os quais, servem como fonte alimentar para a fauna edáfica, e protegem a superfície do solo do contato direto da luz do sol, chuva e vento.

#### 2.5.9- A cobertura vegetal e os Collembola

A cobertura morta é uma prática que consiste em dar cobertura ao solo através de resíduos orgânicos de diversas origens, como adubos verdes, restos de cultura, capins e outros (Igue, 1984). Essa cobertura funciona como uma capa protetora, estabilizando e reduzindo as oscilações de temperatura e em consequência diminuindo a evaporação da água na camada arável. Assim pode ser mais favorável ao desenvolvimento da fauna do solo (Brady, 1989).

Algumas espécies são mais abundantes sob determinada vegetação, como ocorre, por exemplo, com os Acari e Collembola. Pastagens com diferentes gramíneas apresentaram diferenças quanto ao número de indivíduos. Esta diferença é atribuída ao grau de cobertura do solo proporcionada pelas diversas gramíneas, pois as maiores densidades de indivíduos foram geralmente observadas sob as gramíneas que cobriam melhor o solo (Dantas, 1979). Pois essa diferença está relacionada à velocidade da decomposição da cobertura morta que é variável de cultura para cultura (Almeida, 1981).

Christiansen & Berllinger (1980), relacionaram a macroflora com os Collembola e verificaram que havia correspondência entre a associação deles. Este fator sugere que a influência da vegetação é indireta, sendo exercida talvez através de seu efeito sobre o microclima, estrutura do

solo, população microbiana ou através da formação de húmus; substâncias ativas biologicamente excretadas pelas plantas, também podem exercer influência sobre diferentes espécies de Collembola (Sautter, 1995). Estes são mais abundantes sob certas espécies de plantas que sob outras, uma vez que mostram preferências alimentares e vão se alimentar seletivamente de certas espécies de folhas (Dunger, 1956), raízes (Winner, 1959) ou fungos (Addison & Parkinson, 1978).

### 3. 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em áreas de pesquisa do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias (NCA), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Dourados, MS (22° 14,5' S e 54° 49' W), cuja altitude média da região é de 452m (Figura 9 -Anexo) (SEPLAN-MS, 1990).

O solo das áreas pesquisadas é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa e topografia plana (EMBRAPA, 1999), cujas características químicas e físicas foram fornecidas pelo laboratório de solos do NCA – UFMS (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física do solo da área experimental: 1ª Coleta (A), 2ª Coleta (B), 3ª Coleta (C) e 4ª Coleta (D). Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, município de Dourados-MS, dezembro de 2002 a janeiro de 2003.

|         | pH                                  | A <sup>+</sup> <sub>3</sub><br>( <sup>2</sup> <sub>2</sub> ) | H <sup>+</sup><br>+<br>A <sup>+</sup><br>I        | C <sup>+</sup> <sub>2</sub><br>( <sup>2</sup> <sub>2</sub> ) | M <sup>+</sup> <sub>2</sub><br>( <sup>2</sup> <sub>2</sub> ) | K <sup>+</sup><br>( <sup>1</sup> <sub>1</sub> ) | P<br>( <sup>1</sup> <sub>1</sub> ) | Areia<br>g<br>r<br>o<br>s<br>s<br>a | Areia<br>f<br>i<br>n<br>a | S<br>i<br>l<br>t<br>e | A<br>r<br>g<br>i<br>l<br>a        | M<br>·<br>O<br>( <sup>3</sup> ) |
|---------|-------------------------------------|--|---|--|--|---|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Coletas | (C<br>a<br>C<br>l<br><sub>2</sub> ) |  | (m<br>m<br>o<br>l<br>c.<br>d<br>m <sup>-3</sup> ) |  |  | (m<br>g<br>·<br>d<br>m <sup>-3</sup> )          | (%)                                | (%)                                 | (%)                       | (%)                   | (g<br>·<br>d<br>m <sup>-3</sup> ) |                                 |
| A       | 5,6                                 | 0  | 38  | 60,86  | 27,1   | 11,46   | 33,6                               | -                                   | -                         | -                     | -                                 | 39,22                           |
| B       | 5,                                  | 0,   | 42  | 59   | 26   | 10  | 30                                 | -                                   | -                         | -                     | -                                 | 40                              |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 4 | 4 | , | , | , | , |   |   |   |   |   |   | , |
|   |   | 8 | 4 | 9 | 6 | 4 |   |   |   |   |   |   | 8 |
|   |   |   |   | 5 | 2 | 1 |   |   |   |   |   |   | 3 |
|   | 5 |   |   | 8 | 5 | 1 | 3 |   |   |   |   |   | 8 |
| C | , |   | 4 | , | , | , |   | - | - | - | - | - | , |
|   | 8 | 0 | 0 | 6 | 7 | 6 | 4 | - | - | - | - | - | 8 |
|   |   | 0 |   | 6 | 2 | 9 | 3 |   |   |   |   |   | 4 |
|   | 5 | , |   | 2 | 7 | , | 0 |   |   |   |   |   | 1 |
| D | , | 8 | 4 | , | , | , |   | - | - | - | - | - | , |
|   | 4 | 4 | 0 | 1 | 9 | 6 | 2 | - | - | - | - | - | 4 |
| M |   |   |   | 6 |   | 1 |   |   | 1 |   |   |   | 4 |
| é | 5 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 3 |   | 2 | 5 | 7 | 7 | 0 |
| d | , | , | 0 | , | 6 | , | 1 | 3 | , | 7 | 7 | 7 | , |
| i | 5 | 3 | , | 3 | , | 9 | , | 8 | 7 | 5 | 7 | 7 | 0 |
| a | 5 | 3 | 1 | 8 | 8 | 6 | 8 | 8 | 1 | 5 | 7 | 7 | 3 |

<sup>(1)</sup>Extrator Mehlich-1 e <sup>(2)</sup>Extrator KCl (EMBRAPA, 1997).

<sup>(3)</sup>Métodos de Walkley & Black (Tedesco *et al.*, 1985).

O clima desta região, conforme Ayoade (1986), é segundo a classificação de Köppen, caracterizado como Cwa, isto é, com chuvas de verão e verões quentes, de amplitude térmica extremamente variada durante o ano e precipitação anual média de 1.390 mm. A precipitação, umidade relativa e a temperatura média foram acompanhadas entre os intervalos de coleta do experimento durante todo o período de condução da pesquisa (Tabela 2).

Tabela 2. Temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e a precipitação média (mm) nos períodos entre cada uma das quatro coletas, registradas no município de Dourados, MS, de dezembro de 2002 a janeiro de 2003.

| DATAS                 | Temperatura<br>max(°C) | Umidade<br>relativa<br>min(°C) | Precipitação acumulada |            |           |
|-----------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|------------|-----------|
|                       |                        |                                | max<br>(%)             | min<br>(%) | total(mm) |
| 06/12/02-<br>15/12/02 | 32,46                  | 21,06                          | 93,7                   | 46,3       | 2,95      |

|                               |           |       |                       |                       |      |
|-------------------------------|-----------|-------|-----------------------|-----------------------|------|
| 16/12/0<br>2-<br>25/12/0<br>2 | 33,<br>57 | 21,74 | 9<br>3<br>,<br>4      | 4<br>7<br>,<br>0<br>7 | 5,59 |
| 26/12/0<br>2-<br>04/01/0<br>3 | 33,<br>99 | 21,43 | 9<br>1<br>,<br>7      | 4<br>1<br>,<br>0<br>8 | 0,72 |
| 05/01/0<br>3-<br>15/01/0<br>3 | 31,<br>44 | 21,92 | 9<br>5<br>,<br>5<br>3 | 5<br>5<br>,<br>0<br>7 | 7,83 |

O experimento foi conduzido numa área que teve inicialmente pastagem com *Brachiaria decumbens*. Após, esta área foi cultivada com preparo do solo (Plantio Convencional). A partir de 1994, foi implantado o sistema de plantio direto irrigado, e quatro anos após, o sistema de plantio direto sequeiro. A partir dessa data, a área foi manejada intercalando o controle de plantas daninhas e o manejo do solo para o cultivo de uma seqüência de culturas. Nos anos de 1998 a 2000, a rotação de culturas era feita com milho (verão) e soja (outono/inverno), em 2001 foi de soja (verão) e ervilha (outono/inverno), e para o ano de 2002/2003 foi de nabo (outono/inverno) seguido de milho (verão).

Para a pesquisa de campo, demarcou-se dentro da área de plantio direto de sequeiro uma subárea dividida em três talhões de 36x12m, já semeada com milho do cultivar DKB 350, com 21 dias após a emergência, cuja cultura anterior foi nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (Tabela 6- Anexo). Cada talhão foi dividido em quatro parcelas iguais de 9x12m, onde foram implantados os cinco tratamentos de forma aleatória. Os tratamentos foram: 1- glifosate- 900ml i.a. /ha, 2- atrazina- 2.250ml i.a. /ha, 3- 2,4-D- 744,4ml i.a. /ha, 4- nicosulfuron- 44,8ml i.a. /ha e 5- testemunha- sem aplicação do produto. Este último era constituído por áreas de 2,5x 2,5m (6,25m<sup>2</sup>) inseridas dentro das parcelas dos quatro tratamentos com herbicidas (Figura 1).

Figura 1. Esquema dos três talhões divididos em quatro parcelas iguais, onde foram implantados os cinco tratamentos (G= glifosate, A= atrazina, 2,4-D, N= nicosulfuron e T= testemunha). Dourados-MS-2003.

Para evitar a contaminação destas áreas (controle) com os produtos aplicados, elas foram protegidas com lonas plásticas de 2,8x 2,8m. A aplicação dos herbicidas ocorreu na forma de pulverização com jato dirigido, usando-se um pulverizador costal, marca Jacto com capacidade de 20 litros, provido com bico leque, marca Jacto 110-05.

No período de dezembro de 2002 a janeiro de 2003, foram realizadas coletas em quatro épocas, sendo a 1ª coleta realizada após 10 dias de aplicação dos herbicidas, a 2ª coleta após 20 dias, a 3ª após 30 dias e a 4ª coleta após um prazo de 40 dias. Em cada época, tratamento e talhão foram coletadas oito unidades amostrais de maneira aleatória, respeitando uma distância mínima de 2m da bordadura, perfazendo um total de 24 unidades amostrais (três talhões X oito unidades amostrais) por tratamento e 120 unidades amostrais a cada época.

Para a adquirir os Collembola edáficos, são necessárias coletas de amostras de solo. Essas foram coletadas por meio de anéis de ferro galvanizado de 6,0cm de altura por 7,3cm de diâmetro e 0,13cm de espessura (Figura 2a). Após a retirada de cada anel contendo solo no seu interior, os mesmos foram imediatamente colocados dentro de sacos plásticos para evitar a perda de organismos edáficos e após, foram organizados em caixas de plástico medindo 50x40cm e levados para o laboratório de Entomologia do NCA.

Os anéis contendo as amostras de solo foram acomodados dentro de funis de Berlese (modificados), apresentando 28cm de comprimento, 7,5cm de diâmetro e 5cm de profundidade, com capacidade para 250cm<sup>3</sup> de solo (Figura 2b2 e Figura 10 -Anexo). Os funis foram instalados em mesa expositora (construída em metal, medindo 2,20m de comprimento por 1,80m de altura e 0,40m de largura, constituída de orifícios com 8cm de diâmetro para encaixar os funis) onde permaneceram durante um período de sete dias. A mesa expositora era provida por cinco lâmpadas de 25W, cuja luminosidade e calor repeliam os organismos edáficos das amostras, os quais migravam para as camadas mais profundas, e em consequência disto, caíam dentro de frascos plásticos opaco de 8x5cm,

contendo líquido conservante (álcool 70% e formol 1%), localizados na parte inferior do funil (Figura 2b 1e 3). A parte superior da mesa expositora contendo o material para estudo foi protegida com tela de nylon e tecido TNT para impedir a entrada de organismos indesejáveis que seriam atraídos pela luz (Figura 2c).

Figura 2. a = Anel de ferro galvanizado contendo solo; b = 1: lâmpadas 25W, 2: funil de Berlese (modificado) e 3: Frascos plásticos contendo álcool (70%) e formol (1%); e c = mesa expositora coberta com tecido TNT. Dourados-MS-2003.

Após a triagem dos Collembola, o processo de diafanização foi realizado utilizando placas “Clin” contendo ácido láctico, no qual os espécimes foram mantidos submersos por um período de 36 a 72 horas em estufa Fanem modelo 315 SE a 60°C. Em seguida os Collembola foram montados individualmente em lâminas temporárias, para identificação ao nível de gênero. Para esta etapa usou-se chave de identificação pictorial, dicotômica proposta por Jordana & Arbea (1989) e chave de identificação proposta por Palácios-Vargas (1990) para a região Neotropical. A identificação foi confirmada pela Dr<sup>a</sup>. Maria Cleide Mendonça. Após o término das identificações os Collembola foram depositados na coleção de Collembola do Departamento de Entomologia no Museu Nacional do Rio de Janeiro (CM/MNRJ).

Os dados foram analisados de acordo com o modelo inteiramente casualizado, constituído de tratamentos dispostos no esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas

foram os tratamentos com herbicidas (quatro herbicidas e uma testemunha) e as subparcelas, foram as épocas de coleta (10, 20, 30 e 40 dias após a aplicação dos herbicidas).

As médias de abundância dos Collembola foram calculadas pela quantidade de indivíduos por cm<sup>2</sup>, utilizando-se a fórmula de área  $S=2r$ , em seguida os dados foram extrapolados para m<sup>2</sup>. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F), e para garantir a normalidade e a homogeneidade, estes foram previamente transformados em  $\sqrt{x}$  (Gerard & Berthet, 1966), sendo as médias comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade (Banzatto & Kronka, 1989), apresentando também o EP (Erro Padrão) comparados às médias.

O índice de similaridade foi calculado com os dados reduzidos em escala multidimensional-*MDS*, com ajuste entre matrizes de dados *Kruskal* reduzido em 2 dimensões com regressão monotônica, realizado pelo programa estatístico *Systat*.

Os dados foram analisados comparando os índices de riqueza observados e esperados através de matriz de comparações através do teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

#### 4. 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número médio total de Collembola coletados foi de 100.921 ind/m<sup>2</sup>, distribuídos em três ordens, nove famílias e 24 gêneros. Em ordem decrescente os gêneros que apresentaram maior número médio de espécimes/m<sup>2</sup> foram: *Lepidocyrtus* (Bourlet, 1839), *Seira* (Lubbock, 1869), *Pseudosinella* (Schaeffer, 1897), *Heteromurus* (Wankel, 1860), *Typhlogastrura* (Bonet, 1930) e *Sinella* (Brook, 1882). Em contrapartida, os gêneros menos abundantes pela ordem decrescente, foram: *Entomobryoides* (Maynard, 1951), *Isotobrya* (Börner, 1906), *Sminthurinus* (Lubbock, 1862), *Sphaeridia* (Linnaniemi, 1912), *Microgastrura* (Stach, 1922) e *Mesaphorura* (Börner, 1901) (Tabela 3).



Tabela 3. Média do número total de Collembola coletados expressa em números de indivíduos/m<sup>2</sup>. Na área experimental do Núcleo de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados-MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

| Ordens           | Famílias      | Gêneros                   | Indivíduos/m <sup>2</sup> |
|------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| Entomobryomorpha | Entomobryidae | <i>Lepidocyrtus</i> spp.  | 398,9770                  |
|                  |               | <i>Seira</i> spp.         | 224,7786                  |
|                  |               | <i>Pseudosinella</i> spp. | 130,3760                  |
|                  |               | <i>Heteromurus</i> spp.   | 917,8644                  |
|                  |               | <i>Sinella</i> spp.       | 259,4444                  |
|                  |               | <i>Entomobrya</i> spp.    | 545,                      |

|  |  |                            |                                      |
|--|--|----------------------------|--------------------------------------|
|  |  |                            | 0<br>5                               |
|  |  | <i>Entomobryoides</i> spp. | 1<br>9<br>6<br>,<br>2<br>2           |
|  |  | <i>Isotobrya</i> spp.      | 1<br>8<br>6<br>,<br>5<br>3           |
|  | Cypho-<br>d-<br>e-<br>ri-<br>d-<br>a-<br>e | <i>Cyphoderus</i> spp.     | 1<br>.<br>4<br>8<br>2<br>,<br>5<br>4 |
|  | Isoto-<br>m-<br>i-<br>d-<br>a-<br>e        | <i>Typhlogastrura</i> spp. | 3<br>.<br>4<br>2<br>2<br>,<br>9<br>1 |
|  |  | <i>Prosoitoma</i> spp.     | 1<br>.<br>9<br>2<br>5<br>,<br>8<br>4 |
|  |  | <i>Mesogastrura</i> spp.   | 1<br>.<br>6<br>5<br>6<br>,<br>9<br>5 |
|  |  | <i>Ongulogastrura</i> spp. | 8<br>9<br>3<br>,<br>8<br>9           |
|  |  | <i>Hypogastrura</i> spp.   | 7<br>8<br>4<br>,<br>8<br>8           |
|  |  | <i>Isotomiella</i>         | 4                                    |

|                  |  |                              |                            |
|------------------|--|------------------------------|----------------------------|
|                  |  | spp.                         | 1<br>4<br>,<br>2<br>4      |
|                  |  | <i>Folsomides</i><br>spp.    | 3<br>7<br>3<br>,<br>0<br>6 |
|                  |  | <i>Microgastrura</i><br>spp. | 2<br>1<br>,<br>8<br>0      |
| Podurom<br>orpha | Neau<br>u<br>ri<br>d<br>a<br>e                 | <i>Aethiopella</i><br>spp.   | 8<br>7<br>2<br>,<br>0<br>8 |
|                  | Onyc<br>h<br>i<br>u<br>ri<br>d<br>a<br>e       | <i>Onychiurus</i><br>spp.    | 2<br>1<br>8<br>,<br>0<br>2 |
|                  |  | <i>Mesaphorura</i><br>spp.   | 2<br>1<br>,<br>8<br>0      |
| Symphip<br>leona | Smin<br>t<br>h<br>u<br>ri<br>d<br>a<br>e       | <i>Sminthurus</i><br>spp.    | 3<br>4<br>8<br>,<br>8<br>4 |
|                  | Bourl<br>e<br>t<br>u<br>ll<br>i<br>d<br>a<br>e | <i>Prorastriones</i><br>spp. | 2<br>3<br>9<br>,<br>8<br>3 |
|                  | Katia<br>n<br>n<br>i<br>d<br>a<br>e            | <i>Sminthurinus</i><br>spp.  | 1<br>0<br>4<br>,<br>6<br>5 |

|  |  |                           |  |
|--|--|---------------------------|--|
|  | Smin<br>t<br>h<br>u<br>r<br>i<br>d<br>i<br>d<br>a<br>e | <i>Sphaeridia</i><br>spp. | 2<br>6<br>,<br>1<br>6                          |
|  | Total<br>(<br>I<br>n<br>d<br>/<br>m<br>²)              |                           | 1<br>0<br>0<br>.<br>9<br>2<br>1<br>,<br>5<br>3 |

A Figura 3 confirma estes dados através da média ( $\pm$ EP). O gênero mais freqüente encontrado nesta pesquisa foi o *Lepidocyrtus* spp. representando cerca de 39,53% do total de indivíduos coletados. Os gêneros *Mesaphorura* spp. e *Microgastrura* spp. equivaleram apenas 0,02% do total. Isto vem de acordo com Primavesi (1984), o qual afirma que em solo submetido à monocultura há poucas espécies com muitos indivíduos, ocorrendo o contrário em solo não perturbado.

Figura 3. Média da abundância total dos gêneros de Collembola ( $\pm$ EP) coletados durante

todo o experimento. Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

Dos seis gêneros mais abundantes, cinco, pertencem à família Entomobryidae, com maior número em relação às demais famílias, apresentando em sete gêneros cerca de 87,31% da média total dos indivíduos; já a família Isotomidae com oito gêneros somou 9,41% de espécimes. Enquanto, as famílias Cyphoderidae (1,47%) e Neanuridae (0,86%) foram representadas por apenas um gênero (Figura 4).

Figura 4. Média da abundância total das famílias de Collembola ( $\pm$ EP) coletadas durante todo o experimento. Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

O tratamento com o herbicida nicosulfuron apresentou maior abundância de Collembola, seguido do tratamento com atrazina, após 30 dias de aplicação do produto (Figura 5). Após 10 dias de aplicação do glifosate, o número de Collembola elevou-se apresentando uma redução após 20 dias de degradação do herbicida. Nota-se que após 40 dias de aplicação dos herbicidas, a população de Collembola apresentou uma tendência ao

equilíbrio, provavelmente devido à maior estabilidade de ambiente no cultivo de milho, o qual apresentava 61 dias de idade e os herbicidas apresentavam 40 dias de degradação.

Figura 5. Média da abundância de Collembola coletados(EP) em cada tratamento (Atrazina, 2,4-D, Glifosate, Nicosulfuron e Testemunha) nas diferentes épocas de coleta (1ª, 2ª, 3ª e 4ª coletas). Núcleo Experimental de Ciências Agrárias - UFMS - Douradas - MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

O tratamento com o herbicida nicosulfuron apresentou maior abundância de Collembola em relação ao total de indivíduos coletados durante todo o experimento, seguido pelo tratamento testemunha e glifosate e depois pelo atrazina e 2,4-D que, de uma maneira geral, apresentaram menores as médias (Figura 6).

Figura 6. Média da abundância de Collembola ( $\pm$ EP) coletados em cada tratamento (H1= Atrazina, H2= 2,4-D, H3= Glifosate, H4= Nicosulfuron e H5= Testemunha). Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

Pelos resultados da análise de variância (Tabela 4), verifica-se que houve significância ( $p < 0,05$ ) nas seguintes fontes de variação: tratamento, época, tratamento x época. Isto significa que houve efeito dos tratamentos dentro de cada época de coleta e que, também, ocorreu efeito das épocas dentro de cada tratamento.

Tabela 4. Análise de variância ao nível de 5% de significância entre tratamentos (Herbicidas e Testemunha) e as épocas de coletas (10, 20, 30 e 40 dias). Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

| Fontes de Variação                                      | G<br>·<br>L<br>· | Quadrado<br>Médio             |
|---|------------------|-------------------------------|
| Épocas  | 3                | 9.4200<br>35*                 |
| Tratamentos   | 4                | 12.3918<br>4*                 |
| Amostras  | 7                | 1.6219<br>760 <sup>n.s.</sup> |
| Época x Tratamentos                                     | 1<br>2           | 4.6297<br>31*                 |
| Época x Amostras  | 2<br>1           | 1.5620<br>380 <sup>n.s.</sup> |
| Tratamentos x<br>Amostras                               | 2<br>8           | 0.9395<br>474 <sup>n.s.</sup> |
| Resíduo   | 4                | 2.2272<br>410 <sup>n.s.</sup> |
|   | 0                |                               |
|   | 4                |                               |
| C.V. (%) 48.291.  |                  |                               |
| * significativo a 5% de probabilidade                   |                  |                               |
| <sup>n.s.</sup> não significativo a 5% de probabilidade |                  |                               |

Foi realizado o teste de comparação de média para o desdobramento da interação dos tratamentos com as épocas de coleta. Os resultados obtidos para o teste de *Tukey* ao nível de 5% de probabilidade estão registrados na Tabela 5, onde verifica-se a relação estatística do efeito dos tratamentos dentro de cada época, a qual está expressa por letras maiúsculas e para duas das quatro épocas de amostragem foram constatadas diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 5. Média do número de indivíduos de *Collembola* amostrados nos cinco tratamentos: Atrazina (A), 2,4-D (B), Glifosate (C), Nicosulfuron (D) e Testemunha (E), e sua interação com as épocas de coletas: 1ª coleta (1), 2ª coleta (2), 3ª coleta (3) e 4ª coleta (4). Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

| T<br>r<br>a<br>t<br>a<br>m<br>e<br>n<br>t<br>o<br>s | Épocas de Amostragem |   |   |                   |
|---|----------------------|---|---|-------------------|
|   | 1                    | 2 | 3 | 4                 |
| A   | 2                    |   |   | 2 A a 3 A a 3 A a |



|   |                            |        |   |                            |       |                            |     |                            |        |
|---|----------------------------|--------|---|----------------------------|-------|----------------------------|-----|----------------------------|--------|
|   | .<br>2<br>3<br>1<br>1      | B      | b | .<br>6<br>9<br>8<br>9      | b     | .<br>6<br>8<br>3<br>8      | B   | .<br>0<br>9<br>6<br>4      | b      |
| B | 2<br>.<br>3<br>7<br>1<br>1 | B      | a | 2<br>.<br>2<br>2<br>6<br>4 | A a   | 3<br>.<br>0<br>2<br>4<br>7 | B   | 2<br>.<br>7<br>2<br>9<br>3 | A a    |
| C | 3<br>.<br>6<br>8<br>8<br>7 | A      | a | 2<br>.<br>9<br>4<br>9<br>9 | A a b | 3<br>.<br>3<br>4<br>8<br>7 | A B | 2<br>.<br>5<br>5<br>6<br>9 | A b    |
| D | 3<br>.<br>1<br>2<br>5<br>3 | A<br>B | b | 3<br>.<br>1<br>8<br>0<br>4 | A b   | 4<br>.<br>4<br>1<br>2<br>2 | A   | 3<br>.<br>4<br>7<br>0<br>6 | a<br>b |
| E | 3<br>.<br>3<br>6<br>2<br>7 | A<br>B | a | 3<br>.<br>1<br>6<br>5<br>5 | A a   | 2<br>.<br>9<br>6<br>1<br>0 | B   | 3<br>.<br>5<br>2<br>4<br>9 | a      |

Médias da mesma linha, seguidas por letras minúsculas, e médias da mesma coluna, seguidas por letras maiúsculas; não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No período de 10 dias após aplicação dos herbicidas, houve predominância em número de indivíduos coletados no tratamento com glifosate sobre os demais. Esse acréscimo de indivíduos provavelmente seja devido ao aumento de sua capacidade reprodutiva quando a quantidade de alimentos também aumenta. Almeida & Rodrigues (1988) afirmam que quando os herbicidas são aplicados no solo, a população de Acari e Collembola é capaz de utilizá-los, aumentando assim a densidade populacional até que a decomposição do produto seja feita, e após a redução na oferta desta fonte de alimento, a população retorna a normalidade. Apesar do tratamento com glifosate apresentar uma média maior, ele não é estatisticamente diferente dos tratamentos com nicosulfuron e testemunha nesta primeira época de amostragem. Embora estes últimos herbicidas também não diferiram dos tratamentos com atrazina e 2,4-D, que apresentaram menor número de indivíduos (Tabela 5). Estes resultados estão em concordância com os autores Almeida &

Rodrigues (1988).

Após 30 dias, o número de Collembola foi maior no tratamento com o herbicida nicosulfuron, manifestando semelhança estatística aos tratamentos com atrazina e glifosate. Aos 40 dias observou-se uma tendência ao equilíbrio da população de Collembola (Tabela 5). Isto pode significar um certo grau de resiliência (que é um período de tempo suficiente para uma população retornar ao seu equilíbrio após um impacto ambiental), apresentando nestas épocas uma tendência ao equilíbrio.

Em relação ao efeito das épocas de amostragem dentro de cada tratamento, as diferenças estatísticas são representadas por letras minúsculas na Tabela 5. Em três dos cinco tratamentos foram verificadas diferenças significativas.

Foi notada influência da época de 30 dias sobre o tratamento com atrazina, havendo semelhança com 40 e 20 dias. Também para o tratamento com Nicosulfuron, a época em que houve certa predominância de colêmbolos foi a de 30 dias, embora esta não tenha diferido do período de 40 dias. O tratamento com glifosate manifestou uma média maior para a época de 10 dias, embora não tenha havido diferenças estatísticas em relação às épocas de amostragens de 20 e 30 dias.

Já nos tratamentos com 2,4-D e testemunha não ocorreram variações significativas entre épocas de coleta. Para a testemunha, a semelhança estatística entre as épocas indica certa uniformidade na média de indivíduos em cada período de coleta.

Os números de Collembola nos tratamentos com os herbicidas glifosate, nicosulfuron e testemunha foram superiores aos demais tratamentos após 10 dias de persistência no solo. Enquanto que após 30 dias o número de Collembola foi maior nos tratamentos com nicosulfuron, atrazina e glifosate. Aos 40 dias ocorreu uma tendência ao equilíbrio da população entre os tratamentos.

As épocas de amostragens que mais influenciaram no tratamento com o herbicida atrazina foram os de 20, 30 e 40 dias. Para o nicosulfuron foram os de 30 e 40 dias de degradação do herbicida. Enquanto o glifosate apresentou uma maior tendência nas épocas de 10, 20 e 30 dias. Já na testemunha, as médias apresentaram uma semelhança entre as épocas de coleta.

Os resultados obtidos nesta pesquisa (Tabela 5) são confrontantes aos encontrados por Almeida & Rodrigues (1988) e Bitzer *et al.* (2002). Os primeiros autores citam trabalho realizado com o herbicida 2,4-D, cujas espécies de Collembola foram pouco afetadas mesmo com aplicações sucessivas em anos seguidos. Já Bitzer *et al.* (2002), afirmam que o efeito do herbicida glifosate em cultura de soja transgênica, não apresentou

ação deletéria sobre os Collembola. Entretanto neste trabalho, houve efeito tanto dos herbicidas testados quanto da influência das épocas de coleta sobre as populações de Collembola.

Os resultados obtidos neste trabalho foram confirmados pelo índice de similaridade. Pelos resultados da análise, pode-se observar, que houve diferenças significativas na estrutura da comunidade entre os tratamentos e as épocas. Houve, portanto, ocorrência de agrupamentos entre os tipos de herbicidas e datas de coleta (Figura 7). A análise de *Kruskal* evidenciou alguns agrupamentos, sendo que a época de 10 dias para os herbicidas Glifosate e Nicosulfuron formaram agrupamento com a Testemunha (H3C1, H4C1 e H5C1). Um outro agrupamento ocorreu no período de 30 dias entre os herbicidas Nicossulfuron, Atrazina e Glifosate (H1C3, H3C3 e H4C3). Os períodos de 20 e 40 dias também apresentaram um certo agrupamento. Já a Testemunha apresentou um agrupamento em todas as épocas (H5C1, H5C2, H5C3 e H5C4); isto ocorreu também para o herbicida Glifosate nas épocas de 10, 20 e 30 dias (H3C1, H3C2 e H3C3).

Figura 7. Índice de Similaridade com ajuste entre matrizes de dados *Kruskal*, reduzido em três dimensões com regressão monotônica. (*Stress* = 0,13156 e variância proporcional:

0,90884). Os tratamentos (H1= Atrazina, H2= 2,4-D, H3= Glifosate, H4= Nicosulfuron e H5= Testemunha; C1= 1ª Época, C2= 2ª Época, C3= 3ª Época, C4= 4ª Época). Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

Foi realizada comparação dos índices de riqueza observada e esperada, baseado na abundância em cada época de amostragem. A Figura 8 apresenta essa comparação, sendo que o quadrado no centro do box representa a média das coletas, o traço no interior do box é a mediana, os extremos indicam o desvio padrão das amostras e o ponto superior e inferior das barras verticais indicam, respectivamente, o ponto máximo e mínimo da coleta. Através dessa análise observa-se que não houve diferença significativa entre os índices de riqueza observada e esperada tanto para o herbicida atrazina (nas quatro épocas) quanto para a Testemunha (com exceção da 1ª época).

De maneira geral a figura apresenta semelhanças nas análises entre os herbicidas atrazina, 2,4-D, glifosate e nicosulfuron, sendo estes, diferente da testemunha. O herbicida nicosulfuron apresentou uma riqueza (observada) significativamente maior na quarta época em relação à primeira época de amostragem. Nos tratamentos com glifosate e 2,4-D não ocorreu diferença significativa para o índice de riqueza observada entre as épocas de coleta, embora o 2,4-D tenha representado, através das riquezas esperadas da quarta coleta (A4 e C4), que ocorreu uma diferença estatística entre os índices de riquezas esperadas e a observada. Talvez isto indique que o número de amostras não tenha sido suficiente para amostrar a biodiversidade de Collembola para a quarta época. Portanto, talvez seja necessário aumentar o número de amostragens ou de coletas para este herbicida.

|  |   |
|--|---|
|  |   |
|  |   |
|  | <p>Figura 8. Comparação dos índices de riqueza observada (S=Sobs) e esperadas (C=Chao1 e A=ACE) de espécies, em cada período de amostragem. Apresentando média, mediana, desvio padrão e ponto máximo e mínimo do número de Collembola coletados em cada tratamento (Atrazina, 2,4-D, Glifosate, Nicosulfuron e Testemunha) nas diferentes épocas de coleta (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> coletas). Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS- Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).</p> |

## 5. 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foram realizadas esta pesquisa, pode-se concluir que:

Os representantes do gênero *Lepidocyrtus* foram os mais frequentes e abundantes, e o menos freqüente e abundante foram os espécimes dos gêneros *Microgastrura* e *Mesaphorura*.

No início da degradação dos herbicidas aplicados, o Glifosate foi o que menos influenciou na população dos Collembola.

Os herbicidas Atrazina e Nicosulfuron foram os que menos afetaram a população, quando comparados aos demais tratamentos, após 30 dias de persistência destes produtos no solo.

Houve uma tendência de equilíbrio entre todos os tratamentos após um período de 40 dias da degradação dos produtos no solo. Portanto, há necessidade de maior número de coletas, para comprovação ou não desse equilíbrio.

## 6. 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addison, J. A. & D. Parkinson. 1978. **Influence of collembolan feeding activities on soil metabolism at a high arctic site.** *Oikos*, Copenhagen, 30:529-538.

Almeida, F. S. 1981. **Controle de Ervas.** In: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. IAPAR. Plantio Direto no Estado do Paraná. Londrina, IAPAR. Circular n.23. P.101-38.

Almeida, F. S. & B. N. Rodrigues. 1988. **Guia de Herbicidas: recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional.** Londrina, IAPAR. 482p.

Atlavinite, O. 1965. The effect of erosion on the population of earthworm (Lumbricidae) in the soils under different crops. *Pedobiologia*, Jena, 5:178-188.

Ayoade, J. O. 1986. **Introdução a Climatologia para os Trópicos;** Trad. Maria Zani dos Santos. São Paulo: Difel, 336p.

Banzatto, D. A. & S. N. Kronka. 1989. **Experimentação Agrícola.** Jaboticabal: FUNEP, 247p.

Bass, P. 2002. **"Analysis of Collembola Distribution in Relation to Environmental Variables on the Juneau Ice field, AK, USA."**University of Georgia. The association of American Geographers. [http://convention.allacademic.com/aag2002/browse\\_abstract.html?conv\\_num=2175](http://convention.allacademic.com/aag2002/browse_abstract.html?conv_num=2175) . Acesso em 15 de Abril de 2004.

Bellinger, P. F., Christiansen, K. A. & Janssens, F. 1996-2003. **Checklist of the**

**Collembola of the World.** Disponível em: <<http://www.collembola.org>>. Acesso em: 15 ago 2003

Betsch, J. M. 1980. **Éléments pour une monographie des collemboles symphypléones (Hexapodes, Aptérygotes).** *Mémoires du Muséum National D'Histoire Naturelle*. Tome 116.

Bettiol, W., Ghini, R., Galvao, J. A. H., M. A. V. Ligo & J. L. C. Mineiro. 2002. Soil organisms in organic and conventional cropping systems. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, July/Sept., 59(3): 565-572. ISSN 0103-9016.

Binsfeld, R., J. D. Freitas Filho & P.M.H. Vieira. 2001. **Flutuação Populacional Edáfica em Manejo de Floresta Aluvial e Agro-Pastoril, Relacionada aos Graus de Compactação dos Solos**, p.98. *In: Anais do 12º Encontro de Biólogos - CRBIO-1 e 3º Encontro Nacional de Biólogos - CFBIO, UFMS, Campo Grande-MS.*

Bitzer, R. J., L. D. Buckelew & L. P. Pedigo. 2002. Effects of Transgenic Herbicide-Resistant Soybean Varieties and Systems on Surface-Active Springtails (Entognatha: Collembola). Department of Entomology, Iowa State University, Ames, IA 50011. **Entomological Society of America**. 31(3): 449-461.

Brady, N. C. 1989. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 878p.

Burges, A. & Raw. F. (ed.). 1971. **Biologia del suelo**. Barcelona, Omega. P. 459.

Butcher, J.W.; Snider, R. & Sider, R.J. 1971. Bioecology of Edaphic. Collembola and Acarina. *Ann, rev. Entomol*. 16: 249-288.

Buzzi, J. Y. 1993. **Entomologia Didática**. 2ª. edição. Curitiba, Editora da UFPR. 295p.

Bzuneck, H. L. 1988. **Efeitos de dois Sistemas de preparo de solo e de sucessões de culturas na população de ácaros e colêmbolos**. Tese de Mestrado. Curitiba: SCA/UFPR, 130p.

Bzuneck, H. L. & H. R. Santos. 1991. Efeito de dois sistemas de preparo do solo e de sucessões de culturas na população de colêmbolos *Dicranocentrus* spp. **Revista Ciências Agrárias**, Curitiba, Set, 11(1/2): 231-235.

Christiansen, K. 1964. Bionomics of Collembola. **Ann. Rev. Entomol.** Palo Alto, 9: 147-178.

Christiansen, K. & P. Bellinger. 1980. **The Collembola of North America**. North of Rio Grande. Grinnell College, Grinnell, Iowa 50112.

\_\_\_\_\_. 1992. **Insects of Hawaii**. University of Hawaii Pres, Honolulu. Vol. 5.

\_\_\_\_\_. 1998. **The Collembola of North America**. North of Rio Grande. Grinnell College, Grinnell, Iowa 50112.

Collins, V. G., B. T. D'Sylva & P. M. Latter. 1978. Microbial populations in peat. In: Heal, O. W.; Perkins, D. F. (Eds.). **Ecological Studies**. Berlin: Springer Verlag. 27:94-112.

Costa, R. B. 2003. **Fragmentos Florestais e Alternativas de Desenvolvimento Rural na Região Centro-Oeste**. 1ª ed. Campo Grande: UCDB, pp.113-138.

Cox, C. 1998. Glyphosate (Roundup). **Northeast Coalition for Alternatives to Pesticides. Journal of Pesticide Reform/Fall** –18(3). P.O. Box 1393, Eugene, Oregon 97440 / (541) 344-5044.

Culik, M.; D. & F. Zeppelini. 2003. Diversity and distribution of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) of Brazil. **Biodiversity and Conservation**. 12:1119-1143.

Dantas, M. 1979. Pastagens da Amazônia Central: Ecologia e Fauna do Solo. **Acta Amazônica**. Manaus, n.2, 54p.

Döbereiner, J. 1986. **A Biologia do Solo na Agricultura Brasileira**. Comunicado Técnico. nº 8. Embrapa- Brasília-DF, 30p.



Dunger, W. 1956. Untersuchungen über die Laubstreuersetzung durch Collembolen. **Zool. Jb. Abt. Systematik.**, Jena, 94:75-78.

\_\_\_\_\_ 1983. Tiere im Boden. Die Neue-Brehn Bucherei 327. Wittemberg - Lutherstadt: A. Ziemsen Verlag, 287p.

Edwards, C. A. 1985. Effects of pesticides on the population dynamics and interactions between soil animals and other organisms. In: Hascoet, M.; Schuepp, H.; Steen, E. (Eds.) **Comportement et effets secondaires des pesticides dans le sol. Les Colloques de le INRA**, p. 27-43.

Eisenbeis, G. & W. Wichard. 1985. **Atlas zur biologie deer bodenarthropoden.** Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 434 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Manual de métodos de análises de solo.** 2ªed, Rio de Janeiro: CNPS/EMBRAPA, 212p.

\_\_\_\_\_ 1999. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 412p.

Eijsackers, H. 1980. Assesment of toxic effects of the herbicide 2,4,5-T on the soil fauna by laboratory tests. In: Dindal, D.L. (Ed.) **Soil Biology as Related to land use pratices.** Washington: EPA. P.427-440.

Fancelli, A. L. & J. L. Favarin. 1989. **Realidade e perspectiva para o sistema de plantio direto no Estado de São Paulo.** Piracicaba: ESALQ/USP, 190p.

Fernandes E.M.C., Coolman, R., Mckerrow, A.J., Matos, J.S., Arcoverde, M., Souza, S.G.A. & Perin, R.A. 1994. **Dinâmica do solo da vegetação e efeitos ambientais sob sistemas agroflorestais em pastagens degradadas.** Manaus. EMBRAPA/ CPAA, 12p.

Frampton, G. K. 2002. Long-term impacts of an organophosphate-based regime of pesticides on field and field-edge Collembola communities. Biodiversity and Ecology Division, School of Biological Sciences, University of Southampton, Bassett Crescent East, Southampton SO16 7PX, UK. 1: **Pest Manag Sci.** Oct; 58(10): 991-1001.

Frampton, GK. & Wratten SD. 2000. Effects of benzimidazole and triazole fungicide use on epigeic species of Collembola in wheat. Biodiversity and Ecology Division, School of Biological Sciences, University of Southampton, Bassett Crescent East, Southampton, SO16 7PX, United Kingdom. **Ecotoxicol Environ Saf** Jul;46(3):363.

Fratello, B., R. Bertolani, M. A. Sabatini, L. Mola & M. A. Rassa. 1985. Effects of Atrazine on soil microarthropods in experimental maize fields. **Pedobiologia**, Jena, 28:161-168.

Gallo, D., Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R. P. L.; Batista, G. C. de; Berti Filho, E.; Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B. & Vendramin, J. D. 1988. **Manual de Entomologia Agrícola**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo. p 204.

Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.M. Victoria, R.L. (eds.) 1996. **Amazonian Deforestation and Climate**. John Wiley & Sons. Chichester, 611p.

Gerard, G. & P. Berthet. 1966. **A statistical study of microdistribution of Oribatei (acari). Part II: The Transformation of the data**. *Oikos*, 17: 142-149.

Hale, W. G. 1971. Colembolos. In: Burges, A. & Raw, F. **Biologia del Suelo**. Barcelona, Omega. 463- 77p.

Hopkin, S.P. 1997. **Biologia do Springtails (Insecta: Collembola)**. Oxford Imprensa Universitária. p.1-330.

Hoy, J.B. 1980. Effects of Lindane, Carbaryl and Chlorpyrifos on non – target soil arthropod communities. In: Dindal, D. L. (Ed.) **Soil Biology as Related to land Use Practicers**. Washington: EPA. p.761-81.

IAPAR. 1981. **Plantio Direto do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR. Circular nº 23. 244p.

Igue, K. 1984. **Adubação orgânica**. Londrina, IAPAR. 33p. Informe de Pesquisa n. 59.

Jacomini, A. E. 2002. **Bioacumulação do herbicida atrazina pelas espécies de bivalves límnicos *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) e *Corbicula fluminea* (Müller, 1774)**. Tese mestrado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59139/tde-15072003104821/>(Disponível:15/03/04).

Jordana R. & J. I. Arbea. 1989. **Clave de identificación de los géneros de colêmbolos de España (Insecta: Collembola)**. Navarra: Serviços de Publicaciones de la Universidad de Navarra S. A, Série Zoológica, 19:1-16 + 16 lâmina.

Joy V. C. & Chakravorty P. P. 1991. Impact of insecticides on nontarget microarthropod fauna in agricultural soil. Department of Zoology, Visva-Bharati University, West Bengal, India. **Ecotoxicol Environ Saf.** Aug;22(1):8-16.

Koskella, J. Y G. Stotzky. 1997. Microbial utilization of free and clay-bound insecticidal toxins from *Bacillus thuringiensis* and their retention of insecticidal activity after incubation with microbes. **Applied and Environmental Microbiology**, 63(9): 3561-3568.

Lepsch, I. F. 1980. **Solos, formação e conservação**. Série Prisma- Brasil- Ed. Melhoramentos. 3ª. Edição.

Leuthold, R. 1961. Die Verteilung der Collembolen in verschiedenen bearbeiteten Wiesenboden der Oberbayrischen Kaumes mit tiergeographischen und autökologischen Angaben. **Z. Angew. Entomol.**, Hamburg, 49:1-49.

Lubbock, J. 1873. **Monografia do Collembola e Thysanura**. Sociedade de raio. Londres. p.1-276.

Lussenhop, J. 1993. Effects of two Collembola species on nodule accupancy by two *Bradyrhizobium japonicum* strains. **Soil Biology Biochemical**, Oxford, 25(6): 775-780.

Mari-Mutt, J. A. 1986. Puerto Rican Species of *Lepidocyrtus* and *Pseudosinella* (Collembola : Entomobryidae). **Caribbean Journal of Sciences**. 22(1-2):1-48.

Mari-Mutt, J. A. & P. F. Bellinger. 1990. **A catalog of the Neotropical Collembola**. Flora & Fauna Handbook n. 5. Sandhill Crane Press. Gainesville, Florida.

Massoud, Z. 1976. Essai de synthese relatif à la action des insecticides sur lês Collemboles et lês acariens du sol. **Rev. Ecol. Biol. Sol**, Paris, 13(1): 35-42.

Miranda-Rangel, A. & G. Palacios-Vargas. 1992. Estudio Comparativo de las comunidades de colémbolos edáficos de bosque de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*). **Agrociencia, Serie Proteccion Vegetal**. 3(3): 25-29.

Monteiro, J. A. 1992. Simpósio Internacional sobre estresse ambiental, em Belo Horizonte, MG. **O Milho em Perspectiva: Anais**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPM. México: CIMMYT/UNPD.449p.

Mussury, R. M., Scalon, S. P. Q., Silva, S. V. & V. R. Soligo. 2002. Study of Acari and Collembola Populations in Four Cultivation Systems in Dourados - MS. **Braz. arch. biol. technol.**, Sept., 45(3): 257-264. ISSN 1516-8913.

Muzilli, O. 1981. Princípios de perspectivas de expansão. In: IAPAR. **Plantio Direto do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR. Circular nº 23, p. 11-26.

Nakamae, I. J. & C. P. Pastrello (Eds.). 2001. **Agrianual- Anuario Técnico da Agricultura Brasileira**. Ed. Argos Comunicação- FNP. 546p.

Oliveira, E. P. 1993. Influência de diferentes sistemas de cultivos na densidade populacional de invertebrados terrestres em solos de várzea da Amazônia Central. **Amazoniana XII (3/4)**: 495-508.

Oliveira E. P. & Franklin, E. 1993. Efeitos do fogo sobre a fauna do solo; recolonização em áreas queimadas. **Boletim de Pesquisa da EMBRAPA**, 28 (3): 357-369.

Palacios-Vargas, J. G. 1990. Diagnosis y clave para determinar las familias de los Collembola de la Región Neotropical. **Manuales y Guías para el Estudio de Microartrópodos**. México, Fac. Ciencias (UNAM),15p.

Palacios-Vargas, J. G.; Cartaño-Menezes G. & Mejía-Recambier, B. E. 2000. Collembola. In: **III Grupos de Hexapoda**. Bousquets; Soriano y Papavero (eds). México. 249-281.

Pankhurst, C.E. 1994. Lynch, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: Pankhurst, C.E.; Doube, B.M.; Gupta, V.V.S.R.; Grace, P.R., eds. **Soil Biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: CSIRO. p.3-12.

Perdue, J. C. & D. A. Crossley . 1989. Seasonal abundance of soil mites (Acari) in experimental agroecosystems: Effects of drought in notillage and convencional tillage. **Soil & Tillage Res.**, Amsterdam, 15:117-124.

Pessoa, H.B.S.V. 1984. **Efeitos da Aplicação de herbicidas no desenvolvimento, na produção e na qualidade fisiológica de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.)** Dissertação de Mestrado – ESALQ- USP- Piracicaba –SP- Brasil, 119p.

Petersen, H. & P. H. Krogh. 1987. Effects of perturbing microarthropod communities of a permanent pasture and a rye field by an insecticide and a fungicide. In: Striganova, B. R. (Ed.) **Soil Fauna and Soil Fertility**. Moscow: Nauka, p. 217-229.

Poole, T.B. 1959. **Proc. Zool. Soc.**- London, 132:78-82.

Prasse, I. 1985. Indications of structural changes in the communities of microarthropods of the soil in an agro-ecosystem after applying herbicides. **Agric., Ecosyst & Environ.** Amsterdam, 13:205-215.

Primavesi, A. 1984. **Manejo ecológico do solo**. 2°. Ed. São Paulo, Nobel. 541 p.

Reddy, M. V. 1984. Seasonal Fluctuation of different edaphic microarthropods population densities in relation to soil moisturi and temperature in a pine, *Pinus Kesiya* Royle

plantation ecosystem. **Int. J. Biometeor**, Berlin, 28(1): 55-59.

Ribeiro, R. A. 1995. **Flutuação Populacional da Mesofauna Edáfica sob Plantio Direto, Escarificação, Gradagem e sob um Ecossistema Natural, em Dourados-MS.**- Curso de Agronomia- UFMS - Monografia.59p.

Richards, W. R. 1968. Generic classification, evolution, and biogeography of the Sminthuridae of the world (Collembola). **Mem. Entomol Soc. Can.** 53: 1-54.

Rodrigues B. N. & F. S. Almeida. 1998. **Guia de Herbicidas**. 4ª ed. Londrina. 498p.

Rüegg, E. F., F. R. Puga, M.C.M. Souza, M.T.S. Úngaro, M.S. Ferreira, Y.Yokomizo & W.F. Almeida. 1986. **Impacto dos Agrotóxicos: sobre o ambiente, a saúde e a sociedade**. Coleção Brasil Agrícola. Coord. Paulo San Martin. Ícone Ed.Ltda, São Paulo. 96p.

Shams, M. N., R. J. Snider, L. S. Robertson. 1981. Preliminary investigations on the effect of no-till corn production methods on specific soil mesofauna populations. **Comm. In Soil Sci. Plant Anal.**, New York, 12(2): 179-188.

Sautter, K. D. 1995. **Comparação da população de Collembola (Insecta) e Oribatei (Acari: Cryptostigmata) entre plantio direto em três níveis de fertilidade, plantio convencional e um ecossistema natural (campo)**. Curitiba: UFPR, Tese de Mestrado. 98p.

SEPLAN-MS. 1990- Secretaria de planejamento e coordenação de Mato Grosso do Sul. **Atlas de Multirefencial de Mato Grosso do Sul**. 28p.

Singh, J. & K. S. Pillai. 1975. Soil animals in relation to agricultural practices and soil productivity. **Rev. Ecol. Biol. Sol.**, Paris, 12(3): 579-590.

Snodgrass, R. E. 1935. **Principles of Insect Morphology**. New York and London. McGraw-Hill Book Company. 667p.

Soto, F. N. 2000. Phylogeny of Neotropical *Lepidocyrtus* (Collembola: Entomobryidae):

first assessment of patterns of speciation in Puerto Rico and phylogenetic relevance of some subgeneric diagnostic characters. **Systematic Entomology**. 25: 485-502.

Steen, E. 1983. Soil animals in relation to agricultural practices and soil productivity. Swedish J. **Agric. Res.**, Stockholm, 13:157-165.

Strickland, A. H. 1947. The soil fauna of two contrasted plots of land in Trinidad, B. W. I. **J. Anim. Ecol.**, Oxford, 16:1-10.

Szeptycki, A. 1979. Chaetotaxy of the Entomobryidae and its phylogenetical significance. Morpho-systematics studies on Collembola, IV. Polska Acad. Nauk, Zaklad **Zool. Syst. Doswiadczalnej**. 1-219.

Tedesco, M. J., J. S. Volkweiss & H. Bohnen. 1985. **Análises do solo, plantas e outros materiais**. Departamento de Solos. Boletim Técnico nº 5. Faculdade Agronomia. Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 187p.

Thompson, A.R. & Gore, F. L. 1972. Toxicity of twenty-nine insecticides to *Folsomia candida*: Laboratory studies. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 65:1255-1260.

Thompson, A.R. & Edwards, C.A. 1974. Effects of pesticides on Nontarget invertebrates in freshwater and soil. In: GUENZI, W.D. (ed.) Pesticides in soil and water . Madison, Soil **Science Society of America**. P. 341-375.

Tomlin, A. D. 1977. Toxicology of soil application of the fungicide Benomyl, and two analogues, to three species of Collembola. **Can. Entomol**, Ottawa, 109(12): 1612-1620.

Usher, M. B. 1970. Seasonal and vertical distribution of the population of soil arthropod: Collembola. **Pedobiologia**, 10:224-236.

Vannier, G. 1980. Use of microarthropods (Mites and Springtoil) as valuable indicators of soil metabolic activity. In: DINDAL, D. (ed.) **Soil Biology as related to land use practices**. Proc. VII Int'l Soil Zoology Colloquium, Washington. p.592-603.

Vargas, M.A.T. & Hungria, M. 1997. ed. *Biologia dos Solos dos Cerrados*. Planaltina:

EMBRAPA- CPAC. 524p. Assad, Maria Leonor Lopes- Cap. **Fauna do Solo** .p. 368-443.

Vieira, M. H. P., H. R. Santos & M. V. Irber. 1998. **Impacto da Mistura de glifosate + 2,4-D na artropofauna edáfica em sistema de plantio direto na região de Dourados-MS**, In: Anais do 17º Congresso Brasileiro de Entomologia, Rio de Janeiro, Resumos. p.871.

Vieira, M. H. P. & H. R. Santos. 2001. Impacto de Herbicidas sobre a mesofauna Edáfica em Sistema de Plantio Direto. **Cerrados** (UFMS), Campo Grande, 2/4(3/8): 17-19.

Wallwork, J.A. 1971. ACAROS. In: Burges, A.; Raw, F. (Eds.). **Biologia del Suelo**. Barcelona, Omega. p. 425-459.

\_\_\_\_\_ 1976. **The distribution and diversity of soil fauna**. London: Academic Press. 355p.

Wibo, C. 1973. Estudio de la acción de uno insecticide organophosphore en algunas populations de microarthropodes edaphiques. **Pedobiologia**, Jena, 13: 150-163.

Winner, C. 1959. Shaden an Zuckerruben durch. *Onychiurus campatus* Gis. Nachrichtenbl.Dtsch. **Pflanzenschutzdienste.**, Berlin, 11:67-69.

Winter, J. P.; R. P. Voroney & D. A. Ainsworth. 1990. Soil microarthropods in long term no-tillage and convencional tillage corn production. **Can. J. Soil. Sci.**, Ottawa, 70:641-653.

Zeppelini, D. F. 1996. **Estudio Evolutivo de Los Arhopalites (Collembola) cavernícolas del nuevo mundo**. UNAM, México. Tesis de maestria .96p

Zyrosmska-Rudzka, H. 1976. The effect of mineral fertilization of meadow on the oribatid mites and other soil mesofauna. **Pol. Ecol. Stud.**, Lomianki, 2(4):157-182.



## **7- ANEXOS**

Figura 9. Localização geográfica do município de Dourados, MS. Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

Figura 10. Esquema do Funil de Berlese modificado, com lâmpada de 25W e pote coletor. Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

Tabela 6. Cronograma de Manejo conduzido no Plantio Direto para o período de Experimento. Núcleo Experimental de Ciências Agrárias- UFMS-Dourados- MS (dezembro de 2002 a janeiro de 2003).

| Data                   | Operação   |
|------------------------|--|
| 25/<br>09/<br>200<br>2 | Rolo faca na cultura de nabo forrageiro                      |
| 15/<br>10/<br>200<br>2 | Escolha da área para a implantação do experimento            |
| 20/<br>10/<br>200<br>2 | Aplicação de glifosate ( <i>Roundup</i> )                    |
| 16/<br>11/<br>200<br>2 | Semeadura do milho DKB 350                                   |
| 06/<br>12/             | Aplicação dos herbicidas para a pesquisa (Milho com 21 dias) |

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 200<br>2               |                          |
| 16/<br>12/<br>200<br>2 | Primeira época de coleta |
| 26/<br>12/<br>200<br>2 | Segunda época de coleta  |
| 05/<br>01/<br>200<br>3 | Terceira época de coleta |
| 15/<br>01/<br>200<br>3 | Quarta época de coleta   |

## CROP PROTECTION

Key Words: Edaphic fauna, pesticide effect, population fluctuation, soil impact

Lins, V.S., Santos, H. R. & Gonçalves, M. C. The Effect of the Glyphosate, 2,4-D, Atrazine e Nicosulfuron Herbicides upon the Edaphic Collembola (Arthropoda: Ellipura) in a no Tillage System. *Neotropical Entomology* 36(2):261-267(2007).