

## FAUNA EDÁFICA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO PARA PRODUÇÃO DE CUCURBITÁCEAS

*Soil fauna under different soil management systems with oats and crops cucurbits*

Nilson Marcos Balin<sup>1</sup>, Cristiano Bianchini<sup>2</sup>, Ana Regina Dahlem Ziech<sup>3</sup>, Augusto Vaghetti Luchese<sup>4</sup>, Maurício Vicente Alves<sup>5</sup>, Paulo Cesar Conceição<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, extensionista do Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, Dois Vizinhos, PR, Brasil; nilson.eng-ab@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestre, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PB); e-mail: cristiano.bianchini@hotmail.com

<sup>3</sup> Professora, Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Santa Helena (UTFPR-SH); Santa Helena – PR, Brasil, e-mail: anaziech@utfpr.edu.br

<sup>4</sup> Pós-doutorando PNPD, Pós-Graduação em Agronomia Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PB), e-mail: aluchese@gmail.com

<sup>5</sup> Pós-doutorando PNPD, Pós-Graduação em Agronomia Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PB), e-mail: mauriciovicente@gmail.com

<sup>6</sup> Professor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Dois Vizinhos, Coordenação em Agronomia; Dois Vizinhos – PR, Brasil; (\* autor para correspondência), e-mail: paulocesar@utfpr.edu.br.

Artigo enviado em 03/05/2017, aceito em 20/08/2017 e publicado em 29/09/2017.

**Resumo** – O objetivo foi avaliar a influência dos tipos de uso e manejo do solo sobre a fauna edáfica em diferentes épocas do ano. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, em três repetições, sendo instaladas duas armadilhas por subparcela, totalizando 36 armadilhas. Os sistemas de preparo do solo foram o plantio direto com cobertura hibernal de aveia, o plantio direto com o uso de consórcio de aveia + ervilhaca + nabo e o preparo convencional do solo com cobertura de aveia. Nas subparcelas foram implantadas as culturas de abóbora e abobrinha de tronco como culturas comerciais. A abundância da fauna do solo foi analisada pelos índices de diversidade de Shannon, Simpson e Pielou. Adicionalmente os dados analisados como ordens foram submetidos à análise multivariada de Componentes Principais (ACP). A fauna edáfica sofre influência dos sistemas de manejo, mostrando-se bem mais diversa no sistema de plantio direto. As plantas de cobertura influenciam na diversidade e abundância da fauna edáfica. Consequentemente, as diferentes épocas de coletas influenciam a fauna do solo, principalmente pela diferente oferta de alimento em cada época amostral. Os organismos mais frequentes foram os Collembola, independente dos tratamentos e época de coleta.

**Palavras chave** – plantio direto, plantio convencional, índices de diversidade, ACP.

**Abstract** – The objective was to evaluate the influence of the types of use and management of the soil on the edaphic fauna in different times of the year. The experimental design was a randomized block design with split plots in three replicates, with two traps per subplot, totaling 36 traps. Soil tillage systems were no-tillage with winter cover of oats, no-tillage using oat + vetch + turnip consortium and conventional soil tillage with oat cover. In the subplots the cultures of pumpkin and zucchini were implanted as commercial crops. The abundance of soil fauna was analyzed by the Shannon, Simpson and Pielou diversity indexes. In addition, the data analyzed as orders were submitted to multivariate analysis of Principal Components (PCA). The edaphic fauna is influenced by the management systems, showing itself to be much more diverse in the no-tillage system. Cover plants influence the diversity and abundance of edaphic fauna. The most common organisms were the Collembola, independent of treatments and time of collection (CONFERIR).

**Key words** – no-tillage, conventional tillage, diversity index, PCA.

## INTRODUÇÃO

A fauna edáfica é constituinte fundamental do solo, sendo responsável tanto pela fragmentação dos resíduos orgânicos, aumentando assim a área

superficial para a atividade microbiana, como pela produção de enzimas responsáveis pela quebra de biomoléculas complexas em compostos mais simples, auxiliando na formação do húmus (AITA et al., 2014). Consequentemente, a presença destes organismos

proporciona melhorias nos processos de aeração e infiltração de água no solo, facilitando assim o desenvolvimento radicular das plantas (BARETTA et al., 2011).

Os organismos da fauna edáfica, utilizados como indicadores de qualidade do solo, podem ser separados em meso e macrofauna, conforme proposto Swift et al. (1979). A mesofauna compreende os ácaros, colêmbolos e alguns insetos, organismos com tamanho entre 0,2 a 2 mm, os quais podem habitar os poros do solo próximos à superfície, não promovendo o revolvimento do solo. Contudo, são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e energia, produzindo complexos que promovem a agregação do solo (HOFFMANN et al., 2009; SIDDIKY et al., 2012). A macrofauna compreende organismos com tamanho entre 2 a 10 mm, e são capazes de remover o solo, abrindo galerias que permitem fazer ligações entre os horizontes do solo, como é o caso das minhocas, formigas e cupins, que são considerados os principais modificadores do sistema solo (BRADY; WEILL, 2013).

O tipo de exploração agrícola, portanto, pode alterar a diversidade e a abundância de organismos da fauna edáfica (GIBSON et al., 2011), por conta do excessivo preparo do solo e uso indiscriminado de agrotóxicos (LAVELLE et al., 1997), favorecendo assim a degradação do ambiente em que estes organismos habitam. Todavia, solos sob cultivo intensivo podem apresentar condições favoráveis aos organismos do solo, desde que haja uma maior quantidade de matéria orgânica, umidade e alto teor de cobertura vegetal nestas áreas, conforme observado por Silva et al. (2016).

Atualmente, busca-se a produção sustentável de alimentos, fibras e energia em harmonia com a natureza, através de manejos de solo que sejam mais sustentáveis (CALEGARI, 2014). Uma dessas estratégias se refere ao uso de rotações de culturas e plantas de cobertura, que contribuem diretamente nas relações entre a biota encontrada sobre e sob a camada superficial do solo, principalmente a fauna edáfica, conforme estudos realizados por Silva et al. (2013) e Gatiboni et al. (2011). O primeiro estudo verificou que plantas de cobertura pertencentes a família das leguminosas favorecem uma maior densidade relativa de invertebrados do solo, enquanto que as gramíneas favorecem os grupos da serrapilheira. O segundo estudo observou que os organismos do solo têm sensibilidade à quantidade de palhada remanescente de gramíneas, e que a redução da disponibilidade desta provoca a diminuição da sua diversidade, com aumento relativo de organismos da ordem Collembola.

Para Vezzani e Mielniczuk (2011), os sistemas de uso do solo que apresentam maior

quantidade e diversidade de biomassa, em conjunto com a ausência de revolvimento do solo, são os que apresentam maior qualidade do solo. No entanto, quando se avalia a fauna edáfica como indicador de qualidade de um agroecossistema, devem ser observadas as variações temporais da quantidade e diversidade de biomassa, as quais são dependentes do período do ano conforme variações de umidade e temperatura do solo (SIMPSON et al., 2012).

A diferença populacional em relação à época do ano pode ser expressiva principalmente quando se estuda as situações extrema em condições subtropicais, conforme mostrado por Fernandes et al. (2011), que observaram que a densidade de espécies e a abundância foram maiores na amostragem de verão do que na de inverno. Contudo, Moço et al. (2005) verificaram que a densidade de fauna, riqueza de espécies, índice de Shannon e índice de Pielou variaram conforme a época de coleta, não apresentando em todas as áreas estudadas um aumento na mesma época do ano. Porém no verão foram estabelecidas maiores diferenças entre as coberturas vegetais estudadas do que no inverno.

Diante deste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos tipos de manejo do solo e espécies vegetais sob a fauna edáfica em diferentes épocas do ano, em áreas sob cultivo de olerícolas sob ausência de uso de agroquímicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental do setor de Horticultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Câmpus Dois Vizinhos, sobre um Nitossolo Vermelho (lat 25°41'50"S, long 53°05'56"W) com altitude média de 530 metros, iniciando em maio de 2008 com a instalação das culturas de cobertura de aveia em sistema de plantio direto e convencional e aveia + ervilhaca + nabo consorciados no sistema de plantio direto.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com parcelas principais de 5 x 10 m, compreendendo os sistemas de manejo hibernais de: i) plantio direto (PD) com cobertura de aveia preta (*Avena strigosa*, L.), ii) PD com uso de plantas de cobertura consorciadas [Aveia preta + Ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) + Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.)] e iii) preparo convencional (PC) do solo mediante gradagem e com cobertura de aveia preta. As subparcelas de 5 x 5 m correspondem às culturas comerciais de abóbora (*Cucurbita moschata* L.) e abobrinha de tronco (*Cucurbita pepo* L.). Posteriormente à colheita das cucurbitáceas a área foi utilizada homogeneamente com um sistema intercalar de milho (produção de espigas para consumo in natura) e feijão guandu (produção de

biomassa). Dessa forma foram utilizados 6 tratamentos, resultante da composição de três sistemas de manejo do solo antecedendo as culturas comerciais (abóbora e abobrinha). Os tratamentos foram considerados os seguintes: T1 - preparo convencional do solo para aveia/abobrinha/milho + guandu; T2 - preparo convencional do solo para aveia/abóbora/milho + guandu; T3 - plantio direto para cobertura de aveia/abobrinha/milho + guandu; T4 - plantio direto de aveia/abóbora/milho + guandu; T5 - plantio direto de forrageiras consorciadas/abobrinha/milho + guandu e T6 - plantio direto de forrageiras consorciada/abóbora/milho + guandu.

O preparo do solo das parcelas correspondente ao PC foi efetuado a cada intervalo de culturas, ou seja, antecedendo a aveia (maio), para implantação das cucurbitáceas (setembro) e quando do consórcio milho + guandu (janeiro). Nas parcelas em PD o revolvimento ao longo do ciclo anual ocorreu somente nas covas (20 x 20 x 25 cm) para semeadura das cucurbitáceas. Foi utilizada cama de aviário oriunda do preparo de compostagem a céu aberto, na dose de 250 g por cova (0,25 kg m<sup>-2</sup>) nas covas de abobrinhas que tinham espaçamento de 1 x 1 metros entre si e 500 g (0,05 kg m<sup>-2</sup>) por cova nas abóboras distantes entre si de 3 x 3 metros. Em ambas as culturas, o solo da cova era retirado, homogeneizado com a cama e devolvido novamente à cova para ocorrer o processo de decomposição do adubo orgânico e liberação dos nutrientes.

Para captura da fauna edáfica foi utilizando o método PROVID (ANTONIOLLI et al., 2006), sendo que em cada parcela foram instaladas duas armadilhas, totalizando 36 (trinta e seis) armadilhas, ou seja, seis repetições por tratamento. A instalação foi realizada mediante abertura de covas no solo com o auxílio de trado de caneco sendo as armadilhas enterradas 12 cm no solo, ficando a superfície rente ao início das aberturas da tampa. As armadilhas contendo em seu interior 200 mL de solução de álcool (70%) com 3-5 gotas de formol (2%) e 2-3 gotas de glicerina permaneceram no campo por um período de cinco dias.

As épocas (E) amostradas foram: 14 de outubro de 2009 (E1) onde a área estava coberta com cucurbitáceas em estágio vegetativo (abóbora e abobrinha); 19 de novembro de 2009 (E2) com toda a área coberta com cucurbitáceas em plena produção (abóbora e abobrinha); 22 de fevereiro de 2010 (E3) em que a área estava coberta com feijão guandu e milho; 14 de junho de 2010 (E4) área coberta com as culturas de inverno aos (30 dias de desenvolvimento) e 1 de julho de 2010 (E5) a área estava coberta com culturas de inverno (45 dias de desenvolvimento).

Após transcorrido o período de cinco dias da instalação das armadilhas para captura dos organismos, a solução juntamente com os organismos

foi retirada, passada em peneira de 53 microns e lavada abundantemente em água corrente para eliminar excesso de argila, sendo então armazenadas em frascos de 200 mL (com álcool 80%). As avaliações da fauna edáfica (triagem e identificação) foram realizadas no laboratório de fitopatologia da UTFPR-Campus Dois Vizinhos, sendo os organismos separados por ordem taxonômica e feita a contagem com auxílio de um microscópio estereoscópico com 40 aumentos.

A abundância da fauna do solo nas diferentes áreas foi analisada pelos índices de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (e). O índice de diversidade de Shannon foi obtido pela relação  $H = -\sum p_i \cdot \log p_i$ , onde:  $p_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = densidade de cada grupo,  $N$  = número total de grupos. O índice de Simpson é dado pela relação  $I_s = 1/L$ , sendo  $L = n_i(n_i-1)/N(N-1)$ ;  $n_i$  = número indivíduos do grupo "i",  $N$  = somatório da densidade de todos os grupos. O índice de uniformidade de Pielou é calculado com base na relação  $e = H/\log n^\circ$  de grupos). Estes índices foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos submetidos ao teste estatístico de Scott- Knott a 5% de significância com auxílio do programa ASSISTAT, Versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2006). Adicionalmente, foram elaborados gráficos de frequência relativa das principais ordens encontradas (aquelas com mais de 1% de frequência) e os parâmetros analisados como ordens foram submetidos à análise multivariada de Componentes Principais (ACP) por meio do programa CANOCO 4.5 (TER BRAAK; SMILAUER, 1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Índices ecológicos do solo

Conforme se observa na tabela 1, não houve interação significativa entre as épocas de amostragem e os sistemas de manejo do solo para as culturas comerciais (abóbora e abobrinha), na maioria dos índices ecológicos. O principal efeito encontrado foi à variação entre as épocas de amostragens, onde todos os índices foram significativos (Tabela 1), efeito também encontrado por Moço et al. (2005). O total de organismos só foi significativo para épocas, sendo que o maior número de organismos foi observado na primeira época (E1, 539 indivíduos), diferindo das demais épocas. Em relação aos sistemas usados e as culturas comerciais, não foram observadas diferenças significativas para o total de organismos (Tabela 1).

Os demais índices ecológicos (H, e, Is e Riqueza de Ordens) tiveram um comportamento diferente do total de organismos, onde a Riqueza de Ordens de maior valor foi encontrada nos meses onde

estavam implantadas as culturas da abobrinha e abobora em ciclo reprodutivo (E2) e posteriormente no consórcio de milho com feijão guandu (E3). No entanto para estes índices não foram observado efeitos significativos de uso (S) e de culturas (C), nem mesmo interações entre eles (Tabela 1).

Para o índice de diversidade de Shannon (H) foi encontrado efeito de épocas amostrais e de sistemas de manejo do solo, porém não houve efeitos das culturas e nem interações entre os mesmos. Entre as épocas amostrais, a maior diversidade foi na E3, diferente estatisticamente de todas as demais, seguida pela E5 e pelas E4 e E1, estas não diferentes entre si. A menor diversidade ocorreu na E2, justamente no período onde estava implantada a cultura de abobora e abobrinha em plena produção. A baixa diversidade da fauna edáfica nesta época pode ser reflexo da alta frequência de Collembola, que em todos os tratamentos obteve mais de 70%. Efeito semelhante foi encontrado por Alves et al. (2006), que constataram menores valores de H nos sistemas de manejo com alta frequência de Collembola.

Por fim, na tabela 1 também se observa que a diversidade de organismos variou entre os sistemas de manejo do solo, com destaque negativo para o PC que apresentou a menor diversidade em relação aos sistemas em PD, independente da cobertura (aveia ou consórcio). Este resultado concorda com estudo realizado por Baretta et al. (2006 b), que também observaram maior diversidade da fauna edáfica em área com mínima mobilização do solo e com permanência de restos culturais sobre a superfície nos sistemas de semeadura direta.

Os índices de Simpson (Is) e Pielou ( $\theta$ ) tiveram comportamentos similares entre si, mostrando variação entre as épocas amostrais e entre os sistemas de manejo de solo, porém as culturas comerciais não influenciaram, bem como não foi obtido interações, com exceção na uniformidade de Pielou, que demonstrou interação entre época amostral e culturas comerciais (abobora e abobrinha) (Tabela 2). Porém as culturas comerciais não mostraram diferenças significativas entre si, só aumentando a ação das épocas de amostragem (Tabela 2).

Os dados de Is na E3 e E5 mostraram-se mais uniformes, seguido pela E1 e E4 e diferindo da E2, de menor uniformidade, reflexo provável da alta frequência de Collembola. Estes resultados corroboram em parte com o estudo de Santos et al. (2008), que encontraram diferenças significativas entre as épocas amostrais e também entre as plantas de cobertura sobre os grupos taxonômicos. Nos dois índices (Is,  $\theta$ ) foram observados os maiores valores na E3 e E5 (fevereiro/2010 e julho/2010). Estes valores podem ser reflexos da uniformidade de organismos nestas amostragens, não havendo predominância de alguns grupos, como ocorreu nas demais coletas, com

mais de 70% de Collembola, em relação às demais ordens. Estes dois índices mostraram diferenças significativas para sistemas de cobertura, seguindo o padrão da diversidade, tendo obtido maiores valores nos sistemas com plantio direto, independente do tipo de cobertura em relação ao sistema com preparo do solo convencional (Tabela 1).

### Frequência relativa das principais ordens

Para a frequência relativa serão apresentadas somente as ordens com mais de 1% de frequência, sendo que as ordens que ficaram abaixo deste valor foram agrupadas em "outros" (Figuras 1 a 5). De maneira geral, em todas as épocas amostrais houve uma grande frequência de Collembola, seguidas por Hymenoptera e Acarina. Conforme demonstrado na análise univariada, as épocas amostrais foram estatisticamente diferentes, sendo este o motivo de elaborar gráficos de frequência em cada época amostral pois dessa forma é possível visualizar a frequência das ordens em cada uma das amostragens.

Na E1 os tratamentos tiveram mais de 60% de Collembola, com exceção do plantio direto com aveia e plantas de abóbora (T4), que apresentou uma frequência de aproximadamente 40% (Figura 1). Neste tratamento observou-se uma maior frequência de formigas (Hymenoptera) com aproximadamente 30% e uma frequência significativa de ácaros de aproximadamente 10%. De maneira geral nesta coleta ocorreram dois pontos distintos; o tratamento T4 com menor dominância de ordens e melhor uniformidade e o tratamento plantio convencional com aveia e abobora (T2) com alta dominância de Collembola (75%) que somadas aos Ácaros geram resultados extremamente predominante sobre as demais ordens, com mais de 90% (Figura 1).

Na E2 houve uma alta frequência de Collembola em todos os tratamentos, com valores acima de 60%, ou seja, há um predomínio desta ordem sobre as demais (Figura 2). O tratamento T2 mostrou valores acima de 80% nas três primeiras épocas amostrais, que corrobora estudos comparando sistemas de plantio direto com convencional e solo construído com lavoura anual, os quais mostram valores similares, com frequência relativa elevada de Collembola (ALVES et al., 2006) deixando claro que em áreas com ação antrópica há tendência da frequência de Collembola ser elevada.

A E3 foi a que mais diferiu das demais, com os melhores índices ecológicos (Tabela 1), devido à menor frequência de Collembola, sendo que nenhum dos tratamentos ultrapassou 50% (Figura 3). Nesta época ocorreu um aumento na frequência de Hymenoptera, principalmente no T1 com aproximadamente 15%. Outra ordem que foi relevante foi a Mollusca, seguida pela Crustácea. Durante a fase vegetativa das culturas (abóbora e

**Tabela 1 - Valores médios de total de organismos, riqueza de ordens, índices de diversidade de Shanonn (H), Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (e), nas diferentes épocas de amostragem, sistemas de manejo e culturas comerciais.**

Épocas	Mês/Ano	Total Org./ Armadilhas	Riqueza de Ordens	H	Is	E
E1	out/09	539,72 a	8,28 b	1,06 c	0,51 b	1,17 b
E2	nov/09	348,42 b	9,44 a	0,91 d	0,38 c	0,93 c
E3	fev/10	329,42 b	9,31 a	1,43 a	0,66 a	1,49 a
E4	jun/10	308,92 b	8,39 b	1,06 c	0,48 b	1,16 b
E5	jul/10	346,86 b	8,75 b	1,27 b	0,60 a	1,35 a
Sistemas	C-A <sup>1</sup>	395,18	8,73	1,06 b	0,48 b	1,13 b
	D-A	353,02	8,67	1,17 a	0,54 a	1,26 a
	D-C	375,80	9,10	1,21 a	0,56 a	1,27 a
Culturas	Abobrinha	375,47	8,81	1,14	0,52	1,22
	Abobora	373,87	8,86	1,15	0,53	1,22
EXPERIMENTO FATORIAL - QUADRO DE ANÁLISES (valor de F)						
Épocas (E)		6,06 **	5,98 **	19,36**	21,86 **	19,74**
Sistemas (S)		0,51 ns	1,96 ns	4,67 *	4,54 *	4,40 *
Culturas (C)		0,01 ns	0,05 ns	0,05 ns	0,02 ns	0,03 ns
E x S		1,66 ns	1,51 ns	0,45 ns	0,53 ns	0,75 ns
E x C		0,77 ns	2,11 ns	0,60 ns	0,38 ns	0,10 *
S x C		1,80 ns	0,37 ns	0,48 ns	0,38 ns	0,45 ns
ExSxC		0,55 ns	0,64 ns	0,99 ns	0,97 ns	0,90 ns
CV %		60,94	14,62	24,28	26,15	23,23

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna dentro de cada "fator" não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade; <sup>1</sup>Preparo convencional do solo com cobertura de aveia (C-A), plantio direto com cobertura de aveia (D-A), plantio direto com cobertura de forrageiras consorciada(D-C); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

**Tabela 2 - Desdobramento da interação entre as épocas amostrais (E) e culturas (C), para o índice de uniformidade de Pielou (e).**

Épocas	Cultura 1 (abobrinha)	Cultura 2 (abobora)
E1	1,18 Ba	1,16 bA
E2	0,93 Ca	0,94 cA
E3	1,48 aA	1,49 aA
E4	1,13 Ba	1,18 bA
E5	1,36 Aa	1,34 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

abobrinha) houve um ataque severo de Mollusca. Dessa forma, os organismos mantiveram-se nos resíduos culturais após a colheita sendo responsáveis pelo predomínio dos mesmos, principalmente sob plantio direto devido a maior quantidade de cobertura do solo, sendo que na soma das duas ordens (Mollusca e Crustácea) tiveram mais de 40% (Figura 3).

A E4 teve comportamento similar a E2, porém destaca-se ainda que o T6 obteve a menor frequência de Collembola e uma melhor uniformidade de organismos, mas ainda ultrapassando mais de 60% de abundância desta

ordem (Figura 4) que é coerente com a cobertura vegetal existente (milho + Guandu).

Na E5, duas ordens foram frequentes, Collembola seguida de Hymenoptera, com o somatório entre 70 a 85%. Salienta-se que no T4 e T1 foi observada uma frequência de Coleoptera de aproximadamente 10% (Figura 5). Em estudo de diferentes momentos de decomposição de resíduos de plantas de cobertura em sistema plantio direto Gatiboni et al., (2011) encontraram valores de frequência relativa da ordem Coleoptera similares aos deste estudo, variando de 5 a 30%.

### Análise de componentes principais (ACP)

A ACP mostra que as épocas de coleta foram diferenciadas umas das outras. A Componente Principal 1 (CP1) explica 20,1% da variação dos dados e separa claramente a E3 de E1 e E4 de E5, sendo E3 altamente correlacionada às ordens Mollusca e Crustacea, e E1 com Acarina e Collembola (Figura 6A), comprovando os resultados apresentados na Figura 3. A Componente Principal 2 (CP2) explica 11,6% da variação dos dados e separa as E2 e E4 de E5 e E3, tendo E2 alta correlação com os componentes Diplopoda, Chilopoda e Thysanoptera, organismos com menor frequência (Figura 3), porém de importância significativa nestas coletas. Devido a obtenção de diferenças significativas entre as épocas amostrais, foi tratado cada amostragem em separado (Figuras 6B a 6F).

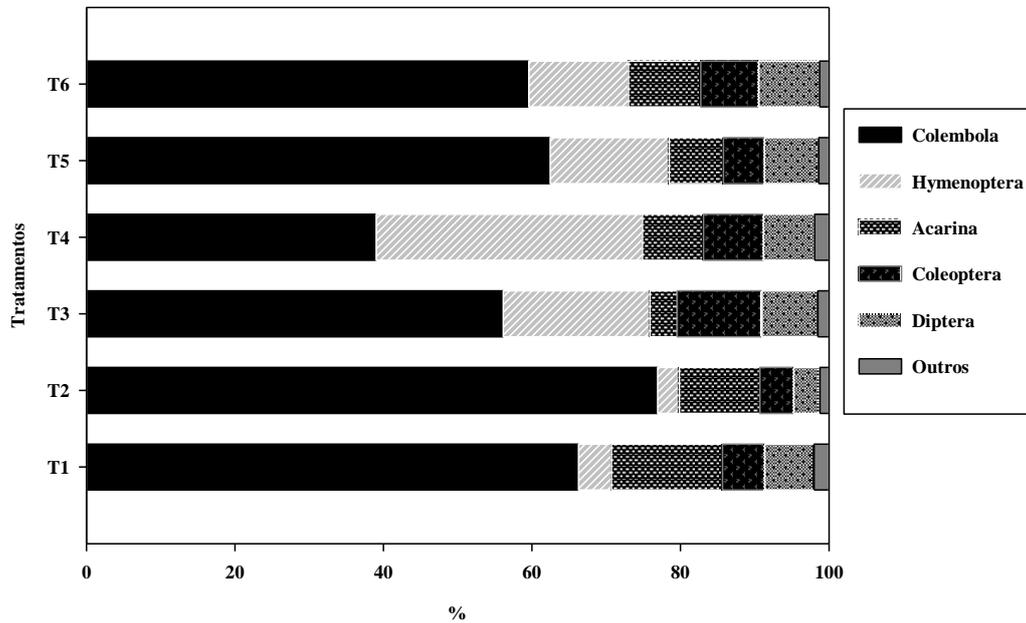


Figura 1 – Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica nos diferentes sistemas de manejo do solo na primeira época amostral (E1\_Out/09). Média de seis repetições. T1: preparo convencional do solo para aveia/abobrinha/milho + guandu; T2: preparo convencional do solo para aveia/abóbora/milho + guandu; T3: plantio direto com cobertura de aveia/abobrinha/milho + guandu; T4: plantio direto de aveia/abóbora/milho + guandu; T5: plantio direto de forrageiras consorciadas/abobrinha/milho + guandu e T6: plantio direto de forrageiras consorciada/abóbora/milho + guandu.

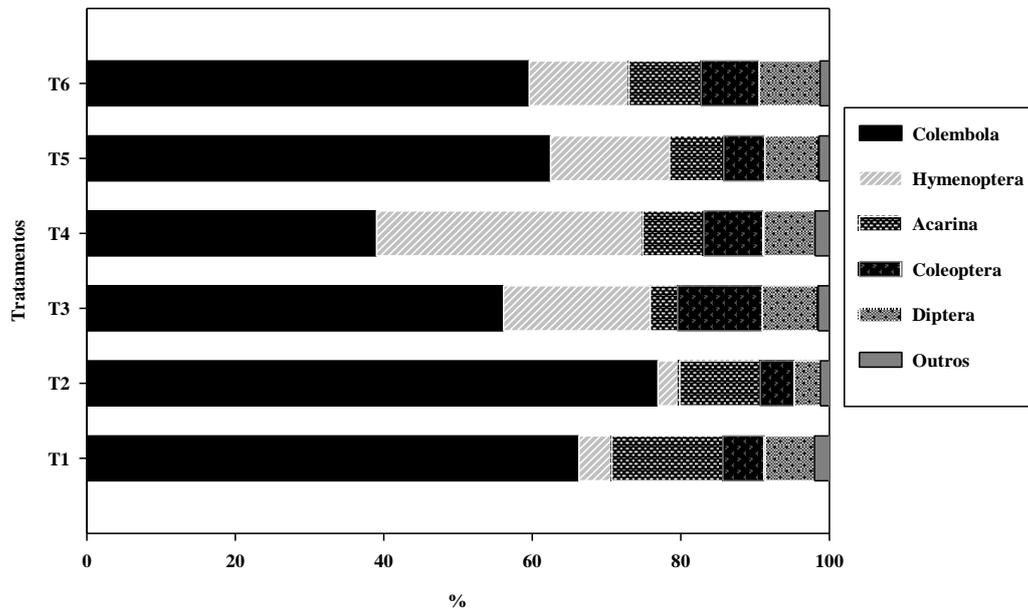


Figura 1 – Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica nos diferentes sistemas de manejo do solo na segunda época amostral (E2\_nov/09). Média de seis repetições. T1: preparo convencional do solo para aveia/abobrinha/milho + guandu; T2: preparo convencional do solo para aveia/abóbora/milho + guandu; T3: plantio direto com cobertura de aveia/abobrinha/milho + guandu; T4: plantio direto de aveia/abóbora/milho + guandu; T5: plantio direto de forrageiras consorciadas/abobrinha/milho + guandu e T6: plantio direto de forrageiras consorciada/abóbora/milho + guandu.

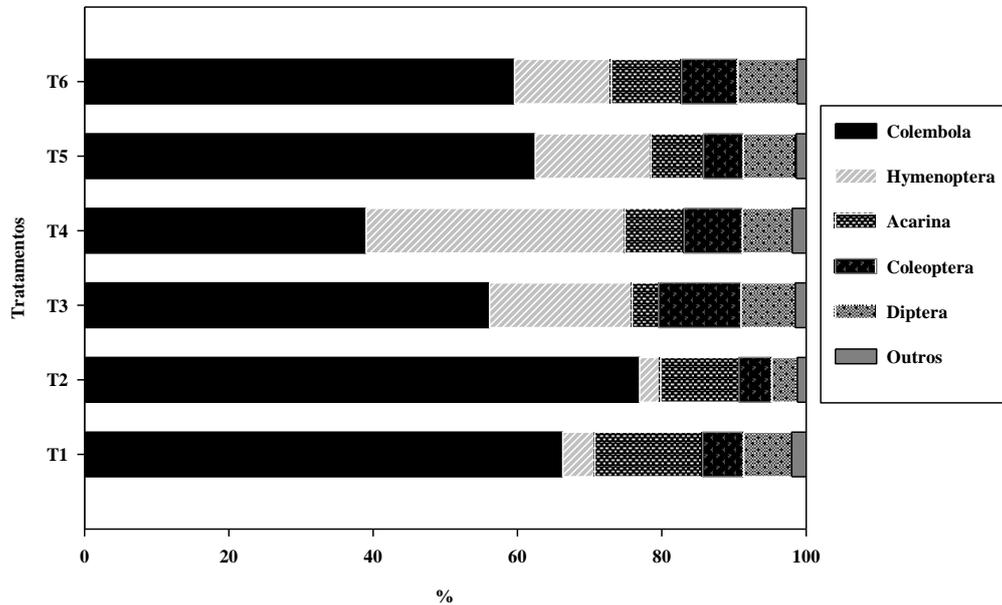


Figura 3 – Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica nos diferentes sistemas de uso do solo na terceira época amostral (E3\_fev/10). Média de seis repetições. T1: preparo convencional do solo para aveia/abobrinha/milho + guandu; T2: preparo convencional do solo para aveia/abóbora/milho + guandu; T3: plantio direto com cobertura de aveia/abobrinha/milho + guandu; T4: plantio direto de aveia/abóbora/milho + guandu; T5: plantio direto de forrageiras consorciadas/abobrinha/milho + guandu e T6: plantio direto de forrageiras consorciada/abóbora/milho + guandu.

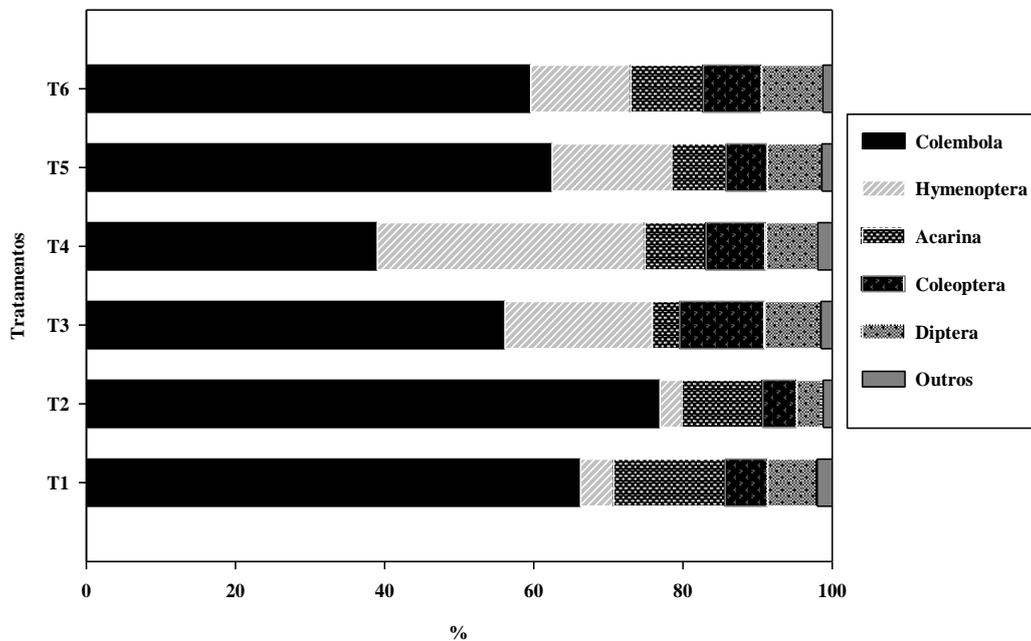


Figura 4 – Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica nos diferentes sistemas de uso do solo na quarta época amostral (E4\_jun/10). Média de seis repetições. T1: preparo convencional do solo para aveia/abobrinha/milho + guandu; T2: preparo convencional do solo para aveia/abóbora/milho + guandu; T3: plantio direto com cobertura de aveia/abobrinha/milho + guandu; T4: plantio direto de aveia/abóbora/milho + guandu; T5: plantio direto de forrageiras consorciadas/abobrinha/milho + guandu e T6: plantio direto de forrageiras consorciada/abóbora/milho + guandu.

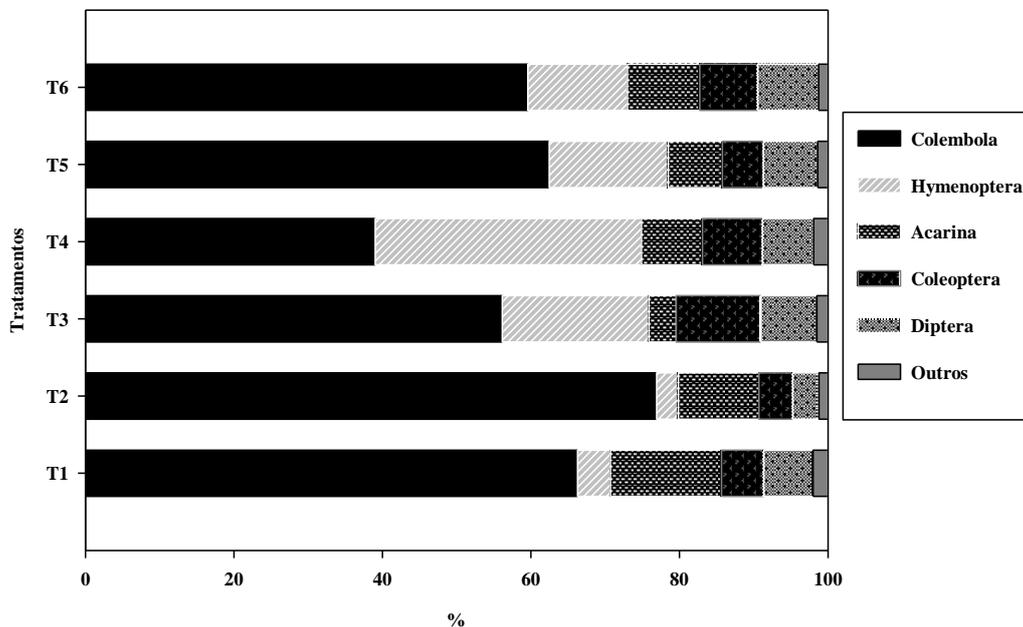


Figura 5 – Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica nos diferentes sistemas de uso do solo na quinta época amostral (E5\_/10). Média de seis repetições. T1: preparo convencional do solo para aveia/abobrinha/milho + guandu; T2: preparo convencional do solo para aveia/abóbora/milho + guandu; T3: plantio direto com cobertura de aveia/abobrinha/milho + guandu; T4: plantio direto de aveia/abóbora/milho + guandu; T5: plantio direto de forrageiras consorciadas/abobrinha/milho + guandu e T6: plantio direto de forrageiras consorciada/abóbora/milho + guandu.

Na primeira época amostral (Figuras 6B), a CP1 explica 22,8% da variação dos dados, separando os T5 e T6 dos demais. Já a CP2 explica 15% da variação dos dados, separando T3 e T4 dos demais tratamentos. Ou seja, os tratamentos com uso de aveia se diferenciam dos tratamentos com consórcio. Observando a CP1 os tratamentos T3 e T4 estão correlacionados com a ordem Hemiptera, T5 com Araneidae e Acarina e T6 com Diptera, principalmente. O T5 está correlacionado com Lepidoptera e Collembola e o T1 e T2 têm uma pequena correlação com Mollusca e Diplopoda. Na E1 além de ser observada a separação dos tratamentos pelo efeito dos sistemas de cultivo (Direto e Convencional) é encontrado o efeito das plantas de cobertura (aveia e consórcio) as quais tinham sido recentemente manejadas e cobriam o solo sob PD ou estavam incorporadas sob PC. De maneira geral, observa-se que o tratamento T5 (consórcio em plantio direto) tem uma alta correlação com o componente Acarina, a qual é similar a encontrada por Baretta et al. (2006) em sistemas de plantio direto, sem cultivo.

Na segunda época amostral a CP1 explica 22,9% da variação dos dados, separando os T2, T3 e T4 de T1 e T6, com T5 ficando em uma posição intermediária

(Figura 6C). Esta variação é correlacionada em T2 e T3 com Oligochaetas e no T1 principalmente com Diplopoda, Diptera, Coleoptera e Collembola. A CP2 explica 13,8% da variação dos dados, separando T1 e T2 dos demais tratamentos, ou seja, os tratamentos com sistema de plantio convencional dos sistemas em plantio direto (Figura 6C). Este comportamento também foi encontrado por Baretta et al. (2006 a) que citam o teste multivariado de Wilk's Lambda e indicam diferença significativa entre os sistemas de preparo direto do convencional. Nesta época amostral foi encontrada a alta frequência de Collembola em T1, porém a análise multivariada demonstra que outras ordens com menores frequências foram importantes na separação dos tratamentos, como por exemplo, Diplopoda, Acarina e Diptera. A distinção entre T1 e T2 pela CP1 é justificada pela diferença de desenvolvimento das cucurbitáceas, pois enquanto a abobrinha (1 x 1 m) encontrava-se em plena produção a abóbora (3 x 3 m) ainda estava em fase de recobrimento do solo, devido ao hábito de desenvolvimento prostrado.

Na terceira época amostral (E3) a CP1 explica apenas 18,3% da variação dos dados, porém separa com clareza o T1 do T6 e os demais tratamentos ficam mais intermediários (Figura 6D). Percebe-se a influência de condições extremas, T1 com pouca adição de nitrogênio e bastante revolvimento do solo e T6 com alta adição de

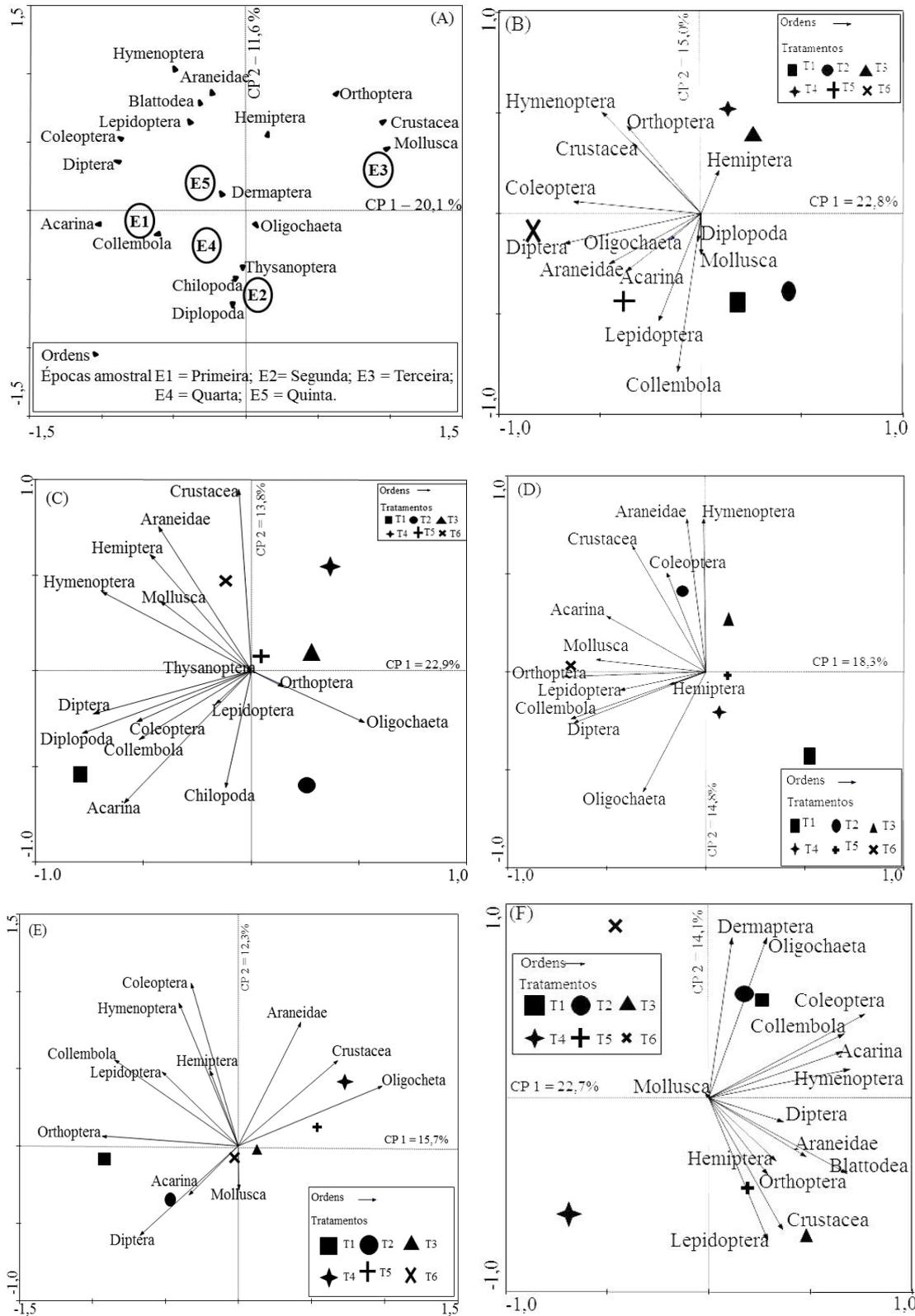


Figura 6 – Análise de componentes principais (ACP) com todas as ordens ocorrentes nas cinco amostragens e centróides classificando por épocas amostrais (A), na primeira amostragem (B), na segunda amostragem (C) na terceira amostragem (D), na quarta amostragem (E) e na quinta amostragem (F) com centróides classificando por tratamentos.

nitrogênio e baixo revolvimento do solo. O T6 está correlacionado principalmente com Orthoptera, Mollusca e Lepidoptera, já T1 não tem correlação com nenhuma ordem, mostrando ser um dos tratamentos mais impactantes na fauna edáfica. A CP2 explica 14,85% da variação, separando T2, T3 de T1, T4, sendo T2 altamente influenciada pelas ordens Coleoptera, Hymenoptera e Araneidae (Figura 6D). Percebe-se novamente que o T1 (abobrinha em PC) se separou do outro sistema em PC que usa abóbora como cultura principal. Nesta situação devido ao ciclo mais longo da abóbora, havia menor percentual de resíduos não decompostos que foram incorporados ao solo antes da semeadura do milho + guandu.

Na quarta época amostral a CP1 foi à de menor explicação, 15,7% da variação dos dados, separando T3, T4 e T5 de T1 e T2. Novamente é observada uma separação de sistemas de plantio direto de sistema com preparo convencional. Os T3, T4 e T5 estão correlacionados com Oligochaeta e Crustacea, já T1 e T2 com Orthoptera, Diptera e Collembola, mostrando novamente a correlação das Collembola com os sistemas convencionais (Figura 6E). Alves et al. (2006) encontrou efeito similar, com os sistemas de cultivo em PD separados do cultivo em PC e este, altamente correlacionado com a ordem Collembola que contribuem melhor para separar sistemas de preparo ou cultivo do solo sendo, portanto, bons indicadores de perturbações ambientais (BARRETA et al., 2010). Nesta amostragem, ocorrida após o preparo do solo para as culturas de inverno (início do terceiro ciclo da área em estudo) o efeito do preparo do solo sobre a fauna é novamente evidenciado. A menor distinção entre sistemas de culturas (tanto as espécies de plantas de cobertura – aveia e consórcio, quanto às culturas comerciais – abóbora e abobrinha) podem ser decorrentes do fato que as culturas hibernais encontram-se no início de seu ciclo de desenvolvimento.

Na última época amostral (Figura 6F) a CP1 explica 22,7% da variação dos dados, separando claramente T4 e T6 dos demais (ambos os sistemas incluindo abóbora), porém não se correlacionam com nenhuma ordem. Já T3 e T5 estão correlacionadas com Blattodea, Orthoptera e Araneidae, enquanto T1 e T2 com Collembola e Coleoptera (Figura 6F). A CP2 explica 14,1% da variação dos dados e separa T1, T2 e T6 dos demais tratamentos, sendo T1 e T2 muito relacionado com Dermaptera e Oligochaeta. Já T3 e T5 se relacionam com Lepidoptera e Crustacea enquanto T4 e T6 não se relacionam com nenhuma ordem. Assim, percebe-se uma baixa influência da abóbora em plantio direto (T4 e T6) sobre a diversidade de ordens (Figura 6F). Outro fator importante a considerar é a correlação dos tratamentos em PC (T1 e T2) com Collembola, concordante com os dados de frequência (Figuras 1 a 5). Os dados são coerentes com estudos que mostram que Collembola são os colonizadores

primários de locais perturbados (BARETTA et al., 2011; FIERA, 2009) aumentando consequentemente a sua importância relativa em comparação aos demais grupos.

## CONCLUSÕES

A fauna edáfica sofre influência dos sistemas de manejo, mostrando-se bem mais diversa no sistema de plantio direto.

As plantas de cobertura influenciam na diversidade e abundância da fauna edáfica. Consequentemente, as diferentes épocas de coletas influenciam a fauna do solo, principalmente pela diferente oferta de alimento em cada época amostral.

Os organismos mais frequentes foram os Collembola, independente dos tratamentos e época de coleta.

## REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; CERETTA, C.A. Decomposição de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; DONIZETI CARLOS, J.A. *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática*, 2014. cap. 6, p. 227-264.
- ALVES, M.V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 5, n. 1, p. 33-43, jun. 2006.
- ANDERSON, J.M. Invertebrate-mediated transport process in soils. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, v. 24, n. 1-3, p. 5-19, nov. 1988.
- ANTONIOLLI, Z.I.; CONCEIÇÃO, P.C.; BÖCK, V.; PORTO, O.; SILVA, D.M.; SILVA, R.F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. *Ciência Florestal*, v. 16, n. 4, p. 407-417, out. 2006.
- BARETTA, D.; BROWN, G.G.; CARDOSO, E.J.B.N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. *Acta Zoológica Mexicana*, v. 26, n. 2, p. 135-150, jan. 2010.
- BARETTA, B.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; FILHO, L.C.I.O.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: FILHO, O.K.; MAFRA, Á.L.; GATIBONI, L.C. *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. cap. 7, p. 119-170.
- BARETTA, D.; MAFRA, Á.L.; SANTOS, J.C.P.; AMARANTE, C.V.T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de

preparo e cultivo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, nov. 2006 a.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; BERTOL, I.; ALVES, M.V.; MANFOI, A.F.; BARETTA, C.R.D.M. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 5, n. 2, p. 108-117, 2006 b.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Porto Alegre: Bookmann Editora LTDA, 2013.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com uso de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; DONIZETI CARLOS, J.A. *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática*, 2014. cap. 1, p. 21-36.

FERNANDES, M.M.; MAGALHÃES, L.M.S.; PEREIRA, M.G.; CORREIA, M.E.F.; BRITO, R.J.; MOURA, M.R. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. *Revista Floresta*, v. 41, n. 3, p. 533-540, jul/set. 2011.

FIERA, C. Biodiversity of Collembola in urban soils and their use as bioindicators for pollution. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 8, p. 868-873, ago. 2009.

GATIBONI, L.C.; COIMBRA, J.L.M.; DENARDIN, R.B.N.; WILDNER, L.P. Microbial biomass and soil fauna during the decomposition of cover crops in no-tillage system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 4, p.1151-1157, jul/ago. 2011.

GIBSON, L.T.M.; LEE, L.P. KOH, B.W.; BROOK, T.A.; GARDNER, J.; BARLOW, C.A.; PERES, C.J.A.; BRADSHAW, W.F.; LAURANCE, T.E.; LOVEJOY, N.S. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, v. 478, n. 7369, p. 378-381, set. 2011.

HOFFMANN, R.B.; NASCIMENTO, M.S.V.; DINIZ, A.A.; ARAÚJO, L.H.A.; SOUTO, J.S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 3, p. 121-125. 2009.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; CHARPENTIER, F.; GILOT, C.; ROSSI, J.P.; DEROUARD, L.; ANDRÉ, J.; PONGE, J.F.; BERNIER, N. Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics. In: EDWARDS, C.A. *Earthworm Ecology*. Boca Raton: St Lucie Press, 1997. cap. 5, p. 103-122.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CORREIA, M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 4, p. 555-564, 2005.

SIDDIKY, M.A.; P.K. SARDAR, M.M; HOSSAIN, M.S.; KHAN AND M. KHABIR, Screening of different tomato varieties in saline areas of Bangladesh. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, v. 2, n. , p. 13-18, jun. 2012.

SILVA, F.C.; JESUS SANTANA, I.; MARTINS, R.D.; LEMES, N.M.; RIETJENS, A.R.; PAZ LIMA, M.L. Quantificação da microbiota e diversidade ecológica da meso e macrofauna do solo sob diferentes usos no município de Urutaí (região Sudeste Goiano). *Multi-Science Journal*, v. 1, n. 4, p. 12-18. 2016.

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M.; MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T.; BALBINO, L.C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 1, p. 115-122, jan. 2008.

SILVA, R.F.; CORASSA, G.M.; BERTOLLO, G.M.; SANTIL, A.L.; STEFFEN, R.B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 43, n. 2, p. 130-137, abr/jun. 2013.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. New Version of The Assstat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, 2006, Orlando-FL-USA. *Anais...Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 2006.

SIMPSON, J.E.; SLADE, E.; RIUTTA, T.; TAYLOR, M.E. Factors affecting soil fauna feeding activity in a fragmented lowland temperate deciduous woodland. *Plos One*, v. 7, n. 1, p. 1-6, jan. 2012.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Oxford: Black well, 1979.

TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA. 1998.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 1, p.213-223, mar. 2011.