

Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo

Soil fauna under different management systems in São Paulo State, Brazil

Mauricio Vicente Alves¹, Dilmar Baretta², Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso³

Recebido em 31/03/2006; aprovado em 11/08/2006.

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de verificar a associação entre os grupos da fauna edáfica e os atributos químicos do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. O experimento foi realizado entre agosto de 2004 e janeiro de 2005, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Campinas, SP. Foram escolhidas quatro áreas representativas da região, de 0,3 ha cada, sendo: 1) plantio direto estabelecido desde 1986 (T1); 2) plantio direto estabelecido desde 1999 (T2); 3) plantio convencional desde 1999 (T3); e 4) plantio convencional desde 2000 (T4). Na captura dos organismos, utilizaram-se dez armadilhas do tipo "Tretzel", distribuídas aleatoriamente em cada área. As amostras para avaliação dos atributos químicos do solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm. A partir do resultado do número de organismos de cada grupo da fauna edáfica capturados em cada armadilha (abundância) foram obtidos os índices de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (e). Os atributos ecológicos da fauna edáfica (abundância, e, H e Is) foram submetidos à análise de agrupamento e, posteriormente, juntamente com os atributos químicos do solo, submetidos à análise canônica de correspondência (CCA). A análise de agrupamento demonstrou similaridade entre os dois sistemas de plantio direto (T1 e T2), que formaram um agrupamento separado dos dois sistemas de plantio convencional (T3 e T4). A CCA separou as quatro

áreas agrícolas e indicou quais foram os grupos da fauna e atributos químicos do solo que mais se associaram em cada área. A ausência de preparo e a abundância de cobertura no sistema de plantio direto com maior tempo de implantação (T1) proporcionaram uma maior atividade e diversidade da fauna edáfica.

PALAVRAS-CHAVE: fauna do solo, plantio direto, plantio convencional, armadilha de tretzel.

SUMMARY

This study aimed to evaluate the association between the groups of soil fauna and the soil chemical attributes in systems of no-tillage and conventional tillage. The experiment was carried out from August of 2004 to January of 2005, in the Agronomic Institute of Campinas (IAC), Campinas, SP. Four representative areas of the region with 0.3 ha each were selected: 1) no-tillage established since 1986; 2) no-tillage established since 1999; 3) conventional tillage since 1999 and 4) conventional tillage since 2000. The capture of the organisms was performed with ten pit fall traps installed on each area. The soil samples to assess soil chemical attributes were collected at the depth of 0-10 cm. After counting each group of soil fauna captured in each trap (abundance), the Shannon's diversity index (H), Simpson's dominance index (Is) and Pielou's uniformity index (e) were determined. The data were submitted to the multivariate grouping analysis and together with the

¹Mestrando em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões, 2090, CEP: 88520-000. Lages, SC. Bolsista da CAPES. Autor para correspondência: E-mail:mauriciovicente@gmail.com

²Doutorando do PPG em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Av. Paduá, 11- Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq. E-mail: baretta@esalq.usp.br

³Professora Titular, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Av. Paduá, 11- Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq. E-mail:ejbncard@esalq.usp.br

soil chemical attributes submitted to the canonical correspondence analysis (CCA). Cluster analysis demonstrated similarity between the two no-tillage systems (T1 and T2), forming a separate group from the two conventional planting systems (T3 and T4). The CCA enabled the separation of four agricultural systems, indicating the groups of soil fauna and chemical attributes mostly associated to each area. The long term-established no-tillage system presented a greater activity and diversity of the soil fauna.

KEY WORDS: soil fauna, no-tillage, conventional tillage, pit fall traps.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem sido crescente a busca por sistemas de manejo do solo mais adequados e sustentáveis às condições edafoclimáticas. Entre os sistemas mais sustentáveis está o plantio direto, no qual, durante a semeadura, o solo não é revolvido e a mobilização se dá apenas na linha de plantio, mantendo-se os restos das culturas anteriores na superfície, protegendo o solo contra o impacto direto das gotas da chuva (BERTOL et al., 2004). Assim, o sistema de plantio direto cria condições mais favoráveis ao crescimento de organismos edáficos, que praticamente estão ausentes no sistema de plantio convencional, em virtude da maior desagregação do solo, do aumento da compactação e da falta de alimento, pela ausência de cobertura (BERTOL et al., 2004). No sistema de plantio direto há uma maior diversidade de artrópodes edáficos do que o sistema de plantio convencional (BARETTA et al., 2003), devido ao menor distúrbio mecânico no solo e mudanças menos drásticas de temperatura e umidade.

O tipo de preparo e cultivo do solo associado à rotação de culturas pode modificar as características físicas (BEARE et al., 1994; KRABBE et al., 1994), químicas (SILVA et al., 1997; WOLTERS, 2000) e biológicas do solo (BALOTA et al., 1998), promovendo alterações nas populações de organismos que nele habitam. Estudos recentes destacam o efeito das práticas agrícolas e do manejo do solo sobre a biota do solo (PERDUE e CROSSLEY Jr., 1989; HEISLER e KAISER, 1995;

WARDLE et al., 1995; BARETTA et al., 2003; BROWN et al., 2003), entretanto, dependendo do tipo de sistema, as reações dos diferentes grupos de organismos podem ser negativas, positivas ou neutras, influenciando no aumento de pragas ou de predadores, conforme o tipo de ambiente proporcionado.

As práticas agrícolas podem modificar a composição e a diversidade dos organismos edáficos, em diferentes graus de intensidade, em função de mudanças de hábitat, fornecimento de alimento, criação de micro ambientes e competição intra e interespecífica (HONEK, 1988; ASSAD, 1997). A diversidade da fauna edáfica tem sido considerada um aspecto chave para a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos tropicais (LAVELLE et al. 1993; BROWN et al., 2003), apresentando resposta aparentemente mais rápida do que outros atributos do solo, servindo, portanto, como indicadores biológicos sensíveis às alterações ecológicas nos agroecossistemas (BARETTA et al., 2003). Entretanto, os benefícios da fauna edáfica são pouco conhecidos em solos brasileiros. Assim conduziu-se, um experimento a campo, com o objetivo de verificar a associação entre os grupos da fauna edáfica e os atributos químicos do solo nos sistemas de plantio direto e convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado entre agosto de 2004 e janeiro de 2005, na Fazenda Santa Eliza, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Campinas, SP, situada entre 22°54'20"S e 47°05'34"W, a 674 m de altitude. O solo no local do experimento é um Latossolo Vermelho distroférrico típico (EMBRAPA, 1999), com as características químicas apresentadas na Tabela 1. O clima local é caracterizado como subtropical úmido com inverno seco, segundo a classificação de Köppen. Os dados climáticos referentes ao período de estudo foram fornecidos pela estação de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (Figura 1).

Para este estudo, foram escolhidas quatro áreas de preparo e cultivo do solo, representativas da região de Campinas, SP, demarcadas em 0,3 ha cada,

Tabela 1- Atributos químicos do solo em cada uma das quatro áreas de preparo e cultivo do solo. IAC, Campinas (SP), em agosto de 2004. Média de 10 repetições.

Atributos	pH ¹	MO ²	P ³	K	Ca	Mg	H+Al
Unidades	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----			
Plantio	Profundidade de 0 -10cm						
Direto/1986	5,16	29,2	20,8	7,18	32,2	13,4	30,4
Direto/1999	4,68	21,0	56,2	6,04	16,0	6,2	41,4
Convencional/1999	4,76	24,8	11,0	5,30	17,4	9,4	38,0
Convencional /Pousio	4,42	22,6	14,4	4,76	10,8	6,0	50,0

¹pH: 0,01 mol L⁻¹ (solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,0) ; ²MO: matéria orgânica (Método Walkley-Black); ³P: fósforo extraído por resina.

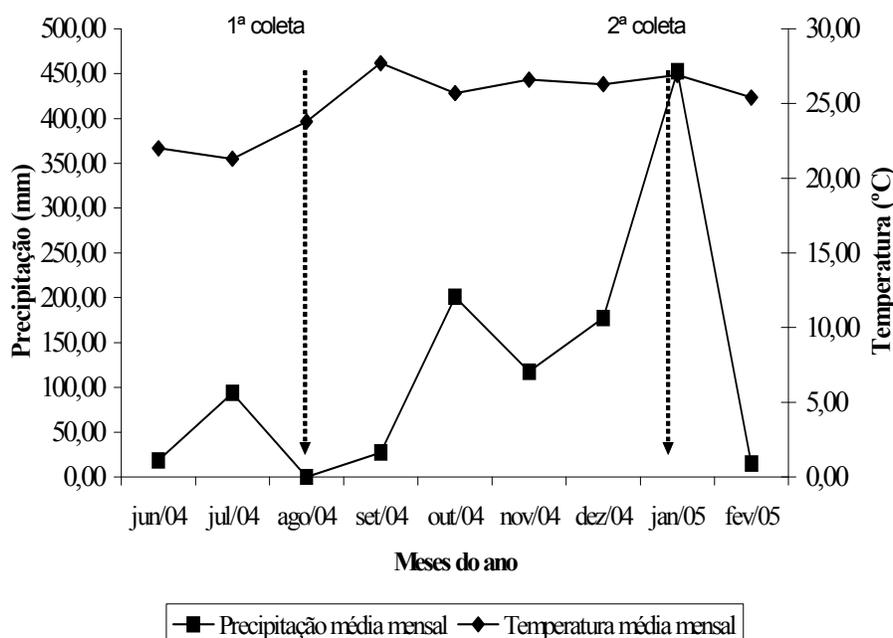


Figura 1- Média mensal de temperaturas e precipitação, registradas pela Estação Meteorológica do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Campinas, SP, no período de junho de 2004 (jun/04) a fevereiro de 2005 (fev/05).

localizadas em altitudes, solo e declividades semelhantes, sendo caracterizadas como: 1) plantio direto estabelecido em 1986, com dois cultivos por ano, sendo milho e soja as culturas de verão nos primeiros anos (T1). Entre 2001 e 2003 foi cultivado com lalab (*Lablab purpureus*, Linn) e, a partir daí, com a rotação de culturas de sorgo (*Sorghum bicolor*,

Linn (Moench)) e soja (*Glycine max*, Linn (Merril)), na primavera-verão, e aveia preta (*Avena strigosa*, Linn) e triticale (*Triticosecale rimpaii*, Wittm) no outono-inverno. No momento da primeira coleta da fauna edáfica (Agosto de 2004), esta área estava sendo cultivada com triticale, semeado em 20/04/2004, e na segunda coleta (Janeiro de 2005) cultivada

com mamona (*Ricinus communis*, Linn), semeada em 27/10/2004; 2) plantio direto estabelecido em 1999, sendo cultivado com rotação de culturas de milho e soja, na primavera-verão e aveia preta e triticale no outono-inverno (T2). No momento da primeira coleta, esta área estava sendo cultivada com triticale, semeado em 21/04/2004 e na segunda coleta, cultivada com milho (*Zea mays*, Linn), semeado em 21/12/2004; 3) plantio convencional desde 1999, sendo cultivado com rotação de culturas de soja e milho, na primavera-verão, e aveia e triticale no outono-inverno (T3). No momento da primeira coleta, esta área estava sendo cultivada com triticale, semeado em 26/04/2004 e na segunda coleta, cultivada com milho, semeado em 21/12/2004; e 4) plantio convencional desde 2000, com sucessão de culturas de soja e milho, na primavera-verão, e pousio no outono-inverno (T4). No momento da primeira coleta, esta área estava sem cultivo (em pousio), já na segunda coleta, cultivada com milho semeado em 14/01/2005.

Para avaliação da atividade da fauna edáfica pela metodologia de “armadilhas de Tretzel” (BACHELIER, 1978), foram utilizadas dez armadilhas, distribuídas ao acaso em cada área na forma de um transecto, espaçadas de 15 metros uma armadilha da outra, conforme Baretta et al. (2003). As armadilhas foram constituídas por frascos de vidro com 6 cm de diâmetro e 12,5 cm de altura, instalados na superfície do solo e permanecendo por três dias no campo. Nas armadilhas, foram adicionados 200 mL de uma solução detergente e água, na concentração de 25 mL/L, respectivamente. Após a retirada das armadilhas, foi realizado o preparo, limpeza e a classificação dos organismos em laboratório. As amostras foram passadas em peneiras de 0,2 e 0,1 mm, separando-se o solo e os fragmentos vegetais dos organismos que foram armazenados em recipientes com álcool etílico a 80%. Posteriormente, os organismos foram separados em ordens ou grupos taxonômicos e realizada contagem com auxílio de um microscópio estereoscópico com 40 vezes de aumento.

As amostras de solo para análise dos atributos químicos (Tabela 1) e da umidade (Tabela 2) foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm, usando-se

uma pá-de-corte. Foram retiradas dez amostras, compostas por duas sub-amostras em cada área, nos mesmos pontos onde foram instaladas as armadilhas. As análises foram realizadas no laboratório de fertilidade de solos da ESALQ/USP (RAIJ et al., 2001).

A abundância da fauna do solo, foi analisada pelos índices de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (e). Maiores informações sobre o método de cálculo (fórmulas) podem ser obtidas em Baretta et al. (2003). Os atributos ecológicos (abundância, H, Is, riqueza e uniformidade de Pielou) foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas por meio do teste de LSD ($P < 0,05$), através do programa SAS versão 6.12 (SAS, 1990). Os atributos ecológicos da fauna edáfica também foram submetidos à análise multivariada de agrupamento (Cluster) e canônica de correspondência (CCA), sendo os atributos químicos do solo (pH, MO, P, K, Ca, Mg e H+Al) utilizados posteriormente na CCA como variáveis explicativas (coletada no mesmo ponto da instalação da armadilha), através do programa CANOCO versão 4.0 (TER BRAAK e SMILAUER, 1998; SOUSA et al., 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abundância da fauna edáfica

A abundância da fauna edáfica diferiu ($P < 0,05$) entre os sistemas de preparo e cultivo do solo (Tabela 3). Os índices de diversidade de Shannon (H), Simpson (Is) e uniformidade de Pielou (e), juntamente com a riqueza e a abundância, apresentaram maiores valores nos dois sistemas de plantio direto (T1 e T2) em relação aos dois sistemas de plantio convencional (T3 e T4). O plantio convencional, mantido em pousio no outono-inverno (T4) apresentou os menores valores de H, Is e riqueza da fauna edáfica, sendo esta diferença ainda mais expressiva quando comparado com os dois sistemas de plantio direto (T1 e T2) (Tabela 3).

Em estudos conduzidos no Canadá, Neave e Fox (1998) também encontraram uma maior riqueza de invertebrados do solo em sistema de plantio direto quando comparado ao sistema de plantio

Tabela 2- Teor de umidade do solo (%) em cada uma das quatro áreas de preparo e cultivo do solo. IAC, Campinas (SP), em agosto de 2004 (primeira coleta) e janeiro de 2005 (segunda coleta). Média de 10 repetições.

Plantio	Umidade (%)		
	Profundidade de 0-10cm		
	Primeira coleta	Segunda coleta	CV(%) ²
Direto/1986	15,59 aB ¹	25,01 aA	2,52
Direto/1999	14,75 bB	22,55 bA	4,90
Convencional/1999	13,79 cB	15,12 cA	6,30
Convencional /Pousio	12,53 dB	16,27 cA	9,27
CV (%) ²	5,71	5,85	

¹Letras iguais maiúsculas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de significância.

²CV: Coeficiente de variação.

Tabela 3- Índices de diversidade de Shanonn (H), Simpson (Is), uniformidade de Pielou (e), riqueza e abundância da fauna edáfica em cada uma das quatro áreas de preparo e cultivo do solo. Média de duas épocas de coleta e 20 repetições.

Plantio	H	Is	E	Riqueza ²	Abundância ³
Direto/1986	1,63 a ¹	0,71 a	1,64 a	11 a	101 a
Direto/1999	1,52 ab	0,71 a	1,64 a	10 a	87 a
Convencional/1999	1,34 b	0,66 a	1,56 ab	7 b	78 ab
Convencional /Pousio	1,08 c	0,53 b	1,40 b	6 b	59 b
CV (%) ⁴	23,16	21,63	20,41	22,00	45,75

¹Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de significância. ²Riqueza = número total de ordens encontradas; ³Abundância= número de indivíduos capturados/armadilha; ⁴CV: Coeficiente de variação.

convencional. Esse comportamento pode ser explicado por perturbações ocasionadas pela maior frequência das operações de preparo, com sucessivas arações e gradagens no sistema de plantio convencional, as quais prejudicam as populações da fauna do solo, em relação aos sistemas de plantio direto, especialmente aqueles com maior tempo de implantação e ecossistemas naturais, onde praticamente não existem tais perturbações (EDWARDS e LOFTY, 1975).

O sistema de plantio direto com maior tempo de implantação (T1) proporcionou melhores condições de fertilidade do solo (pH, MO, K, Ca, Mg e menor teor de H+Al) (Tabela 1) e de umidade

(Tabela 2). Os maiores valores de umidade podem estar associado a permanência dos resíduos das culturas anteriores (resíduos culturais) na superfície do solo (BERTOL et al., 2004), resultando em maior abundância e riqueza da fauna edáfica (Tabela 3). Rodriguez et al. (2006) encontraram maiores valores de abundância da fauna edáfica em sistemas de plantio direto, quando comparados com sistemas de plantio convencional, comprovando efeito benéfico do plantio direto para o desenvolvimento da fauna do solo.

Frequência relativa dos principais grupos da fauna edáfica

A frequência relativa (FR) dos principais grupos

da fauna edáfica foi diferenciada nos quatro sistemas de preparo e cultivo do solo (Figura 2). As populações de formigas (Hymenoptera) apresentaram maior FR no plantio convencional desde 1999 (T3), representando mais de 40% da ocorrência total, seguida pelos dois sistemas de plantio direto (T1 e T2), com aproximadamente 30% da ocorrência. O plantio convencional, com pousio no outono-inverno (T4), favoreceu as populações de colêmbolos (Collembola), as quais representaram mais de 55% da ocorrência total, tendo uma alta FR também no plantio convencional desde 1999 (T3), representando cerca de 30% da FR. Essa mesma tendência de alta frequência de colêmbolos (Collembola) nos sistemas de plantio convencional em relação aos sistemas de plantio direto também foi relatada por Loring et al. (1981).

As populações de ácaros (Acarina) foram frequentes nos sistemas de plantio direto T1 e T2, representando mais de 15 e 20% da ocorrência total, respectivamente (Figura 2). Essa informação é confirmada nas lavouras de produção de grãos por produtores rurais, os quais têm relatado, através de comunicações pessoais na região Sul do Brasil (dados não publicados), problemas com ataque de ácaros devido ao aumento de suas populações, principalmente em lavouras de soja que adotaram o sistema de plantio direto recentemente (poucos anos de implantação). Nesse sentido, à medida que o sistema de plantio direto fica mais estável, as populações de ácaros (Acarina) tendem a diminuir em relação ao sistema de plantio direto introduzido recentemente. No presente estudo, no sistema de plantio convencional, os ácaros (Acarina) foram menos frequentes, representando apenas 8% da frequência relativa (Figura 2), o que, possivelmente, não representa um risco de ataque para essas lavouras. É citado na literatura, que os ácaros e os colêmbolos têm distribuição no solo, em função de fatores edáficos e ambientais, destacando-se a umidade do solo e o teor de matéria orgânica (MELO e LIGO, 1999). El Titi (1984), em um estudo com duração de três anos, observou que a aração do solo teve efeito negativo sobre o número de ácaros e na diversidade de diferentes espécies de organismos no sistema de plantio direto.

Neste estudo, as lagartas (Lepidoptera) foram muito frequentes nos dois sistemas de plantio direto (T1 e T2), e não ocorreram nos dois sistemas de plantio convencionais (T3 e T4). A maior frequência de lagartas identificadas como *Pseudaletia sequax* nos dois sistemas de plantio direto em relação aos plantios convencionais (Figura 2), poderia ser explicada pelo fato de que estas duas áreas (T1 e T2) estavam sendo cultivadas, em agosto (primeira coleta) por triticales, e essas lagartas serem consideradas pragas de gramíneas, especialmente da cultura do trigo (*Triticum aestivum*, Linn). Entretanto, o sistema convencional desde 1999 (T3) também estava sendo cultivado com triticales, e não apresentou ocorrência de lagartas *P. sequax*, indicando que não foi somente o tipo de cultivo do solo que estimulou o aumento populacional desta praga, mas, que esta foi beneficiada principalmente pelo tipo de manejo do solo, com menor revolvimento e a permanência de resíduos vegetais da cultura anterior na superfície do solo (T1 e T2). Estudos conduzidos por Symondson et al. (1996) indicaram que o sistema de plantio direto pode contribuir para uma maior abundância e diversidade de inimigos naturais, mas também pode aumentar o número de insetos fitófagos (GARCIA e ALTIERI, 1992; CIVIDANES, 2002).

Análise de agrupamento da fauna edáfica

A análise de agrupamento para as comunidades da fauna edáfica (Figura 3) mostrou grande similaridade entre os grupos taxonômicos que apresentaram menor frequência relativa (Diptera e Coleoptera, Blattodea e Lepidoptera, Homoptera, Araneae, Orthoptera, Thysanoptera, Diplopoda, Mollusca, Chilopoda, Enchytraeidae, Hemiptera, Diplura e Isoptera), os quais se isolaram dos grupos Collembola, seguido por Acarina e Hymenoptera, que formaram agrupamento separado dos demais grupos. Em trabalho realizado no Oeste de Santa Catarina foi encontrado o mesmo comportamento, na ordem Collembola que também se isolou das demais ordens (BARETTA et al., 2003).

Rovedder et al. (2004), em trabalhos na região Sudeste do Rio Grande do Sul, também encontraram no sistema de plantio direto uma grande similaridade

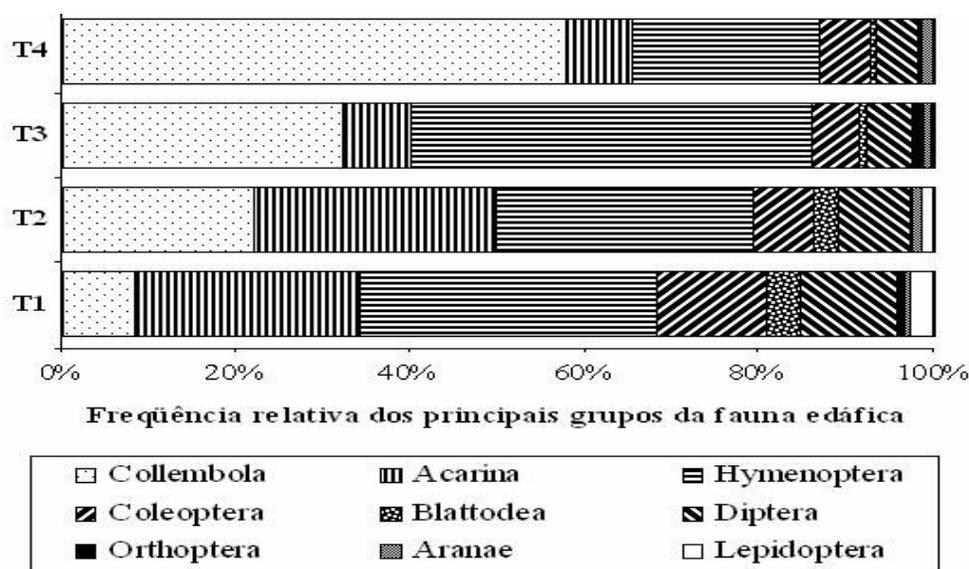


Figura 2 - Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica capturadas em cada uma das quatro áreas de preparo e cultivo do solo. T1: plantio direto desde 1986; T2: plantio direto desde 1999; T3: plantio convencional desde 1999; T4: plantio convencional, com pousio no outono-inverno. Campinas, SP, 2004/2005.

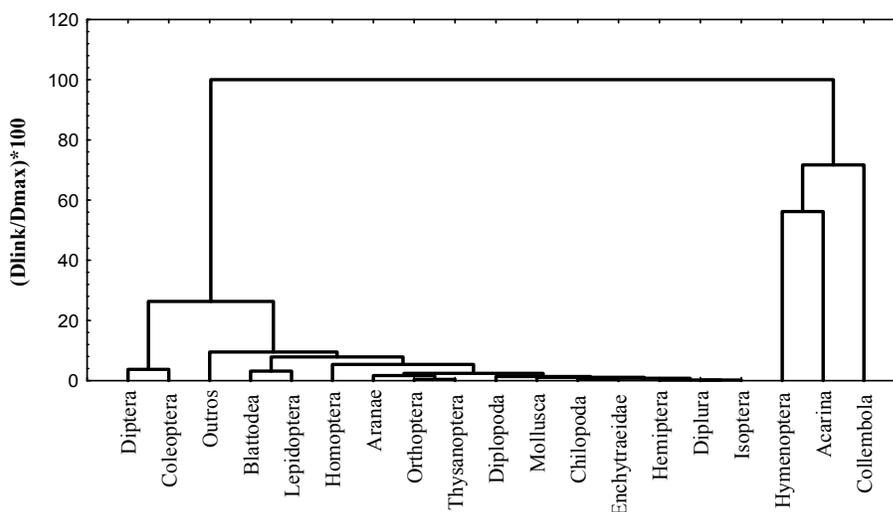


Figura 3 Dendrograma apresentando as distâncias de ligação entre os grupos da fauna edáfica, nas quatro áreas de preparo e cultivo do solo. Campinas, SP, em agosto de 2004 e janeiro de 2005.

das ordens Collembola e Acarina, com maiores valores de distâncias de ligação em relação às demais ordens estudadas.

Quando se analisa a similaridade entre os tratamentos, verifica-se a similaridade entre os dois sistemas de plantio direto (T1 e T2), formando um agrupamento separado dos dois sistemas de plantio

convencional (T3 e T4) (Figura 4), confirmando os resultados obtidos na análise estatística convencional para os atributos ecológicos da fauna edáfica (Tabela 3).

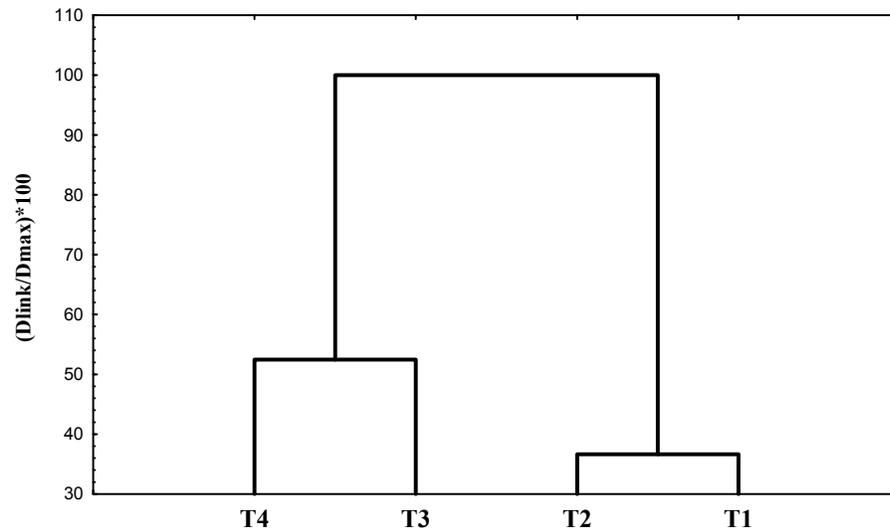


Figura 4 - Dendrograma apresentando a distância de ligação entre as quatro áreas de preparo e cultivo do solo, através da abundância da fauna edáfica, em Campinas, SP, em agosto de 2004 e janeiro de 2005. T1: plantio direto desde 1986; T2: plantio direto desde 1999; T3: plantio convencional desde 1999; e T4: plantio convencional, com pousio no outono-inverno.

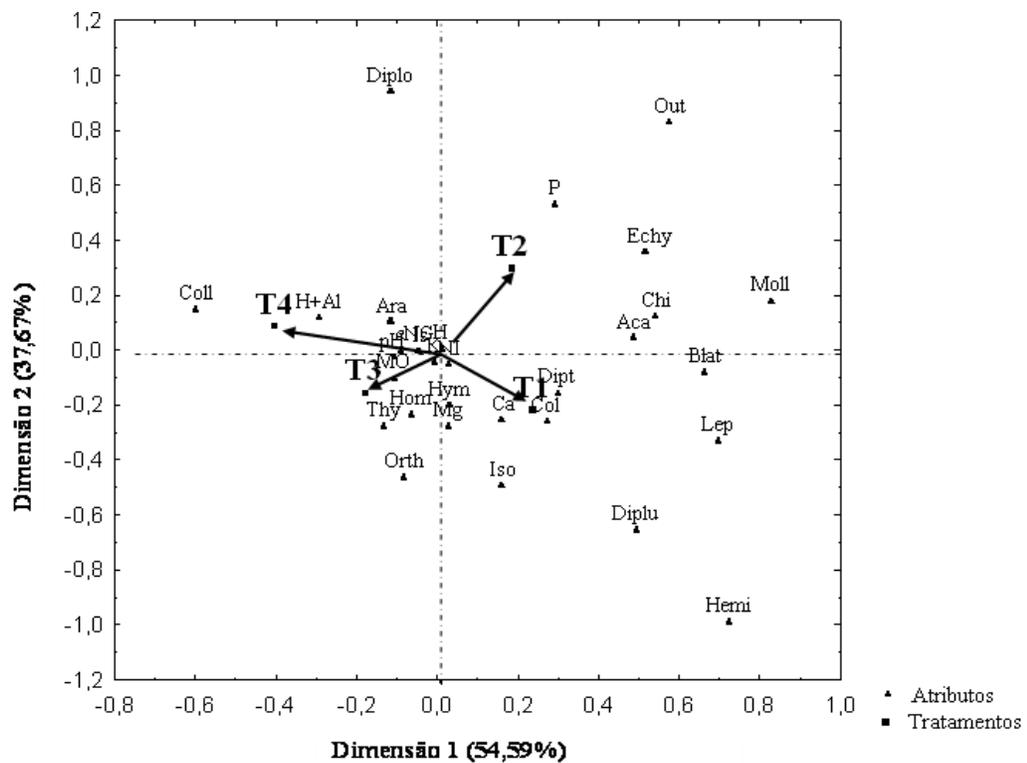


Figura 5- Resultado da relação entre as dimensões 1 e 2 da análise canônica de correspondência (CCA) para os atributos ecológicos da fauna edáfica e químicos do solo nos quatro tratamentos (áreas) de preparo e cultivo do solo, em Campinas, SP, nos meses de agosto de 2004 e janeiro de 2005. T1: Plantio direto desde 1986; T2: Plantio direto desde 1999; T3: Plantio convencional desde 1999; e T4: Plantio convencional com pousio desde 2000. pH: Potencial hidrogeniônico; MO: Matéria Orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+Al: Hidrogênio + Alumínio; Coll: Collembola; Diplo: Diplopoda; Ara: Araneae; Thy: Thysanoptera; Hom: Homoptera; Orth: Orthoptera; Hym: Hymenoptera; NG: Riqueza de grupos; Iso: Isoptera; Out: Outros organismos; Echy: Enchytraeidae; Chi: Chilopoda; Aca: Acarina; Blatt: Blattodea; Moll: Mollusca; Lep: Lepidoptera; Diplu: Diplura; Dipt: Diptera; Hemi: Hemiptera; Col: Coleoptera; NI: número total de organismos; H: índice de diversidade de Shannon; Is: índice de diversidade de Simpson; e: índice de uniformidade de Pielou

Análise canônica de correspondência (CCA) da fauna edáfica

A análise canônica de correspondência (CCA) para a fauna edáfica demonstrou, por meio da relação entre as dimensões 1 e 2, que houve separação entre os diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo estudados (Figura 5). A dimensão 1, explicou 54,6% da variação dos atributos ecológicos da fauna edáfica e químicos do solo encontrada nas diferentes áreas, enquanto que a Dimensão 2 explicou 37,7% da variação (Figura 5). Desse modo, as dimensões 1 e 2 representam 92,3% da variação encontrada nos diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. Os grupos Mollusca, Chilopoda, Acarina e Enchytraeidae contribuíram mais (dimensão 1) para separar a área de plantio direto desde 1999 (T2) do que o grupo Collembola (Figura 5). Este último, por sua vez, contribuiu mais para separar a área de preparo convencional com pousio desde 2000 (T4).

Em estudos envolvendo ácaros e colêmbolos em diversos sistemas de cultivo do solo, os ácaros também foram mais frequentes nos sistemas diretos do que nos sistemas convencionais; já os colêmbolos, foram mais frequentes nos sistemas convencionais, comprovando assim, que tais ordens têm grande potencial (contribuem mais) para separar sistemas de preparo e cultivo do solo (MUSSURY et al., 2002; BARETTA et al., 2003), sendo os colêmbolos bons indicadores de perturbações ambientais (PONGE et al., 2003; HUTHA e OJALA, 2006).

Neste estudo, os atributos químicos do solo foram utilizados posteriormente na análise como variáveis explicativas, auxiliando na interpretação e na discussão dos dados. A esse respeito, o atributo químico H+Al, por exemplo, se associou mais (teve um maior valor) ao sistema de preparo convencional do solo, com pousio desde 2000 (T4) e, coincidentemente, este atributo (H+Al) teve um maior valor nesta área (Tabela 1). Tais atributos químicos do solo, utilizados como variáveis explicativas na CCA, têm um grande potencial dentro da ecologia do solo e devem ser mais utilizados na análise estatística multivariada, procurando estabelecer associações que contribuam para a interpretação da complexa dinâmica das comunidades edáficas.

CONCLUSÕES

1. Os atributos ecológicos da fauna edáfica (abundância, e , H e Is) demonstrou haver similaridade entre os dois sistemas de plantio direto, que formaram um agrupamento separado dos dois sistemas de plantio convencional, pela análise de agrupamento.

2. A análise canônica de correspondência (CCA) indicou que tratamento com plantio direto estabelecido em 1999 apresentou forte associação com o teor de fósforo e com a presença das ordens Enchytraeidae, Chilopoda, Acarina, Mollusca e outros. O tratamento envolvendo plantio convencional desde 2000 apresentou forte associação com o H+Al e com a presença da ordem Collembola, enquanto que para o tratamento de plantio direto estabelecido em 1986, a associação foi com o teor de cálcio e com a presença das ordens Coleóptera e Díptera.

3. A atividade e a diversidade da fauna edáfica foi influenciada pelos sistemas de preparo e cultivo do solo, sendo que a ausência de preparo e a maior abundância de cobertura vegetal no sistema de plantio direto com maior tempo de implantação proporcionou uma maior atividade e diversidade da fauna edáfica.

AGRADECIMENTOS

Os integrantes deste projeto agradecem à AGRISUS e à FEALQ pela concessão da bolsa de estudos para Mauricio Vicente Alves e a cobertura dos custos para o desenvolvimento do trabalho. Agradecem aos Professores Dr. Klaus Reichardt e Dr. Antonio R. Dechen pelo apoio durante o desenvolvimento deste projeto de pesquisa. Ao IAC de Campinas, SP, especialmente Dra. Isabela C. De-Maria pela concessão das áreas experimentais e informações do histórico. Agradecem também ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ- USP) e aos funcionários Denise Mescolotti, Fernando Baldesin e Dorival Grisotto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina : EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.
- BACHELIER, G. **La faune dès sols**: son écologie et son action. Paris, ORSTOM, 1978. 391p.
- BALOTA, E.L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, Á. L. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 2, p. 97-106, 2003.
- BEARE, M. H.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. Water-stable and organic matter fractions in conventional-and no-tillage soils. **Soil Science of America Journal**, Madison, v. 58, p. 777-86, 1994.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.155-163, 2004.
- BROWN, G.G.; BENITO, N.P. PASINI, A. et al. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. **Pedobiologia**, Gena, v. 47, p. 764-771, 2003.
- CIVIDANES, F.C. Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 15-23, 2002.
- EDWARDS, C.A.; LOFTY, J.R. The influence of cultivations on soil animal populations. In: VANEK, J. (Ed.), **Progress in Soil Zoology**. London, Butterworths, Dr. W. Junk Publisher, The Hague, The Netherlands, 1975. p. 399-407.
- EL TITI, A. The effects of three tillage systems on soil inhabiting gamasina (Mesostigmata, Acarina) in arable soil. **Pedobiologia**, Gena, v. 27, p.79-88, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.
- GARCIA, M.A; ALTIERI, M.A. Explaining differences in flea beetle *myllotreta cruciferae* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behavior. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 62, p. 201-209, 1992.
- HEISLER, C.; KAISER, E.A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v.19, p.159-165, 1995.
- HONEK, A. The effect of crop density and microclimate on pitfall trap catches of Carabidae, staphylinidae (coleoptera), and lycosidae (araneae) in cereal fields. **Pedobiologia**, Gena, v. 32, p. 233-242, 1988.
- HUHTA, V.; OJALA, R. Collembolan communities in deciduous forests of different origin in Finland. **Applied Soil Ecology**, Belfield, v. 31, p.83-90, 2006.
- KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D.J.; ANTONIOLLI, Z.I. et al. Efeitos de diferentes sistemas de cultivo sobre a população de oligoquetas e características físicas do solo. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 24, p. 49-53, 1994.
- LAVELLE, P.; DANGER FIELD, M.; FRAGOSO, C. et al. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: **The biological management of tropical soil fertility**. New York: John Wiley & Sons, 1994. p.137-169.
- LORING, S.J.; SNIDER, R.J.; ROBERTSON, L.S. The effects of three tillage practices on Collembola and Acarina populations. **Pedobiologia**, Gena, v.22, p.172-184. 1981.
- MELO, L.A.S.; LIGO, M.A.V. Amostragem de solo e uso de "litterbags" na avaliação populacional de microartrópodos edáficos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p.523-528, 1999.
- MUSSURY, R.M.; SCALON, S. de P.Q.; SILVA, S.V. da S. et al. Study of Acari and Collembola Populations in Four Cultivation Systems in Dourados. **Brazilian Archives of Biology And Technology**, Curitiba, v. 45, p. 257-264, 2002.
- NEAVE, P.; FOX, C.A. Response of soil invertebrates to reduced tillage systems established

- on a clay loam soil. **Applied Soil Ecology**, Belfield, v. 9, p. 423-428, 1998.
- PERDUE, J.C.; GROSSLEY Jr. D.A. Seasonal abundance of soil mites (Acari) in experimental agroecosystems: effects of drought in no-tillage and conventional tillage. **Soil & Tillage Research**, Ames, v. 15, p.117-124, 1989.
- PONGE, J.F.; GILLET, S.; DUBS, F. et al. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. **Soil Biology & Biochemistry** -Exeter, v. 3, p.813-826, 2003.
- RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 284p.
- RODRÍGUEZ, E.; ANERO, F.J.F.; RUIZ, P. et al. Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in a Mediterranean climate. **Soil & Tillage Research**, Ames, v. 85, p. 229-233, 2006.
- ROVEDDER, A.P.; ANTONIOLLI, Z.I.; SPAGNOLLO, E. et al. Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudeste do Rio Grande de Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 3, p. 87-96, 2004.
- SAS. INSTITUTE. SAS User's guide: statistics. 6 ed. Cary, 1990.
- SILVA, M. T. B. da.; ANTONIOLLI, Z.I.; PETRERE, C. et al. Influencia de larvas de *Diloboderus abderus* (sturm) na densidade de organismos e características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 347-351, 1997.
- SOUSA, J.P.; GAMA, M.M. da.; PINTO, C.; et al. Effects of land-use on Collembola diversity patterns in a Mediterranean landscape. **Pedobiologia**, Gena, v. 48, p. 609-622, 2004.
- SYMONDSON, O.C.; GLEN, D.M.; ILTSEIRE, C. et al. Effects of cultivation techniques and methods of straw disposal on predation by *Mterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabeide) upon slugs (Gastropoda: Pulmonata) in an arable field. **Journal of Applied Ecology**, Groningen, v. 33, p. 741-753, 1996.
- TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. CANOCO. Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordiation (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY.
- WARDLE, D.A.; YEATS, G.M.; WATSON, R.N. et al. The detritus food-web and diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agroecosystems. **Plant and Soil**, Crawley, V. 170, p.35-43,1995.
- WOLERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. **Biology and Fertility Soil**, Firenze, v. 31, p. 1-19, 2000.