

Biomassa e densidade de anelídeos e miriápodes como indicadores da qualidade de um solo afetado pela mobilização e adição de cobertura morta

Biomass and density of annelids and myriapods as quality indicators of a soil affected by tillage and mulching

Delfim Santana Pinheiro GUTERRES JÚNIOR¹, Emanuel Gomes de MOURA^{1,2}, Alana das Chagas Ferreira AGUIAR¹, Maria de Nazareth Machado MORAES SEGUNDA¹, Nárgila Gomes de Moura¹, Altamiro Souza de Lima FERRAZ JÚNIOR¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

² Autor para correspondência. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Caixa Postal 3004, 65054-970, São Luís (MA), Brasil. egmoura@elo.com.br

Resumo

Para testar a hipótese de que anelídeos e miriápodes podem ser utilizados para ajudar a avaliar a qualidade do solo foi delineado um experimento com quatro repetições, em blocos completamente casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, composto por quatro níveis de cobertura morta de 4,6; 3,6 e 3,0 Mg ha⁻¹ de matéria seca e solo descoberto, e a dois manejos do solo: mobilizado e não mobilizado. No primeiro ano, foi semeada entre as aleias de feijão-guandu (*Cajanus cajan*), a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), e no segundo ano foi semeada a cultura do milho (*Zea mays*). A coleta da macrofauna incluiu anelídeos e miriápodes. O algodoeiro foi avaliado por meio do índice de área foliar, da taxa de crescimento estimada e no milho foi avaliada a produção de grãos. Anelídeos e miriápodes mostraram-se menos sensíveis do que o algodoeiro quanto às alterações proporcionadas pela cobertura morta nos indicadores da qualidade do solo, mas a densidade e biomassa dos anelídeos e miriápodes aumentaram com a reiteração da cobertura e do plantio direto. Os resultados deste trabalho sugerem que anelídeos e miriápodes devem ser incluídos nas avaliações de médio e de longo prazos de agrossistemas tropicais.

Palavras-chave adicionais: argissolo; fauna do solo; plantio direto; indicadores de solo.

Abstract

With the objective of verifying the hypothesis that annelids and myriapods can be used to evaluate soil quality, an experiment was set up in which the soil surface of the area was covered with mulch dry matter at the rates of 0, 3.0, 3.6, and 4.6 Mg ha⁻¹ and submitted to two soil management systems: mobilized and non-mobilized. In the first year, cotton, and, in the second, corn were sown between pigeon pea rows. Annelids and myriapods were collected. Cotton plants were evaluated by means of the leaf area index and the estimated growth rate and corn had its grain yield determined. The alterations of soil quality affected more severely the cotton plant than the characteristics of annelids and myriapods. The density and biomass of annelids and myriapods increased with the reiteration of mulching and no tillage. The results of this work support the including of annelids and myriapods in medium and long run evaluations of tropical agronomical systems.

Additional keywords: Alfisol; soil fauna; no-tillage, soil indicators.

Introdução

Para aumentar e manter a fertilidade dos solos no trópico úmido deve ser considerada a importância de vários processos inerentes à saúde dos agros-sistemas, especialmente a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, para os quais contribuem fortemente os invertebrados do solo (BREURE et al., 2005). Além disso, indicadores físicos do solo

também podem ser melhorados por espécies com hábitos escavadores ou sulcadores, cuja atividade aumenta o movimento vertical da água e a capacidade de aeração do solo (MARASAS et al., 2001).

Nas últimas décadas, vem aumentando a consciência da importância dos invertebrados como indicadores da qualidade das áreas cultivadas. Parâmetros de sua estrutura como abundância, diversidade, biomassa e dominância

da comunidade têm sido utilizados para classificação biológica do solo e para correlação com suas funções nos ecossistemas (BECK et al., 2005). Uma substancial quantidade de trabalhos, como os de BRUYN (1997), FRASER et al. (2003) e RODRIGUEZ et al. (2006) apontam para a possibilidade de utilização dos invertebrados para avaliar a sustentabilidade de diferentes impactos ambientais de práticas agrícolas, como as operações de preparo, cobertura morta e aplicação de produtos sintéticos.

Entre os invertebrados do solo, os anelídeos são os mais importantes tanto em termos de biomassa quanto em atividade e são também conhecidos pela sua influência na estrutura, na química do solo e nos processos de decomposição orgânica. Algumas espécies de minhocas são consideradas os engenheiros dos ecossistemas (RÖMBKE et al., 2005). Entretanto, a atividade dos anelídeos, presumivelmente, depende da presença de algumas espécies de diplópodes que fazem o prévio ataque sobre os resíduos vegetais aplicados ao solo, como reportado por BONKOWSKI et al. (1998). Por sua vez, os quilópodes foram classificados por PAOLETTI et al. (1999) como entre os "artrópodes fator residência" pela sua capacidade de formar galerias ou "casas" para si e para outros invertebrados do solo.

As práticas de preparo exercem grande pressão nos agroecossistemas por modificar o habitat de artrópodos edáficos, diminuir sua abundância e alterar a proporção de importantes grupos funcionais de invertebrados dos solos. Segundo MARASAS et al. (2001), o uso do arado decresce a importância relativa dos predadores e aumenta a dos fitófagos em relação às áreas sem preparo.

Geralmente, a densidade e a biomassa dos anelídeos aumentam em sistemas sem preparo e com cobertura de materiais de baixa relação C/N (HUBBARD et al., 1999). Solos não preparados, não compactados, ou com resíduos remanescentes sobre a superfície podem abrigar maiores quantidades de indivíduos, como relatam BIRKÁS et al. (2004). Segundo FRASER et al. (2003), a atividade das minhocas aumenta com o aumento do nível de N mineral e com o tamanho dos agregados do solo.

Pode ser observado que a maior parte das informações acerca do uso dos organismos, como parâmetros bióticos para a avaliação da sustentabilidade do uso do solo, tem sido produzida em condições de clima temperado ou mesmo em laboratório, e não pode ser generalizada para ecossistemas tropicais. Além disso, têm sido poucos os trabalhos que relacionam a presença da fauna do solo aos processos dos ecossistemas que afetam a produtividade vegetal, como proposto por BECK et al. (2005).

Este trabalho utiliza o crescimento do algodoeiro e a produtividade do milho para testar a hipótese de que, no trópico úmido, a biomassa e a densidade de anelídeos e miriápodes podem ser utilizadas como indicadores da qualidade do solo, quando esta qualidade for afetada pelo preparo do solo e pela quantidade de cobertura morta aplicada à superfície do solo das áreas cultivadas.

Material e métodos

Este estudo foi conduzido dentro de um campo experimental da Universidade Estadual do Maranhão, estabelecido a 44° 18'W e 2° 30'S em um sistema de aléias de feijão-guandu sobre um Argissolo franco-arenoso.

Os parâmetros climáticos da região são: precipitação pluvial entre 1.700 e 2.300 mm anuais com 80% do volume concentrados nos meses de janeiro a maio, umidade relativa do ar média de 80% e temperatura média do ar de 26 °C, com média das máximas entre 28 °C e 33 °C e média das mínimas entre 20 °C e 23 °C.

Foram utilizadas aleias da leguminosa feijão-guandu (*Cajanus cajan*) com 50 cm entre plantas e espaçamentos de 2,0; 2,5 e 3,0 m entre fileiras. As parcelas abrangiam a área entre duas fileiras de guandu, mais as duas metades das áreas entre fileiras adjacentes, resultando então em larguras variáveis de 4; 5 e 6m, em correspondência às distâncias entre fileiras de guandu. As parcelas de 21m de comprimento foram subdivididas em subparcelas de 10,5 cm com áreas úteis de 5,0 m², 6,25 m² e 7,5 m², resultantes da multiplicação da distância entre fileiras pelo comprimento de 2,5m.

A partir do espaçamento entre fileiras, foram determinadas as quantidades de biomassa a serem uniformemente aplicadas nas parcelas, resultando em 4,6 Mg ha⁻¹ para 2,0 m; 3,6 Mg ha⁻¹ para 2,5 m e 3,0 Mg ha⁻¹ para 3,0 m, em quatro níveis de cobertura. O experimento foi então delineado em blocos completamente casualizados, com quatro repetições dos tratamentos 4,6; 3,6 e 3,0 Mg ha⁻¹ de matéria seca de cobertura de feijão-guandu e de solo descoberto, todos com preparo e não preparo de solo nas subparcelas, resultando em um esquema fatorial de 4 x 2.

No primeiro ano, (2003) foi semeada, entre as aleias de guandu, a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), cultivar IAC 22 no espaçamento de 0,7 m e densidade de 7 plantas por metro, três linhas por parcela, com adubação mineral de plantio de 10-60-40 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, conseguida a partir da aplicação de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. No segundo ano, (2004) foi semeada a cultura do milho (*Zea mays*), cultivar

BR 106, com as mesmas adubação e distância entre linhas usadas para o algodão, e com cinco plantas por metro na linha de semeadura e três linhas por parcela. As duas culturas receberam uréia como adubação de cobertura, aplicando-se quantidade de N correspondente a 40 kg ha⁻¹, aos 35 dias depois da emergência.

Logo após a emergência das culturas, as plantas de feijão-guandu foram podadas a 50 cm de altura, pesadas e aplicadas uniformemente nas parcelas entre as linhas da cultura. Antes dessa aplicação, uma amostra de dois quilogramas foi retirada e seca em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C, para a determinação da quantidade de matéria seca aplicada. O preparo do solo consistiu de seu revolvimento com enxada até a profundidade de 20 cm.

A coleta da macrofauna incluiu anelídeos e miriápodes e foi executada segundo o método de captura descrito por RAW (1959), que consiste na aplicação fracionada a intervalos de 10 minutos após a última emersão de anelídeos, de 300 mL de solução de for-mol diluído a 0,275% em quadrados de 0,25 m x 0,25 m. Após a emersão final de animais, o solo das áreas de coleta foi retirado até a profundidade de cinco centímetros, colocado em sacos identificados e levado para peneirar, a fim de que todos os animais fossem efetivamente retirados da amostra, para serem limpos e divididos em dois grupos, de acordo com seu hábito de vida predominante, anelídeos sob e miriápodes sobre o solo. Os animais foram então pesados e contados, tendo este procedimento sido repetido quatro vezes para cada tratamento. As coletas foram feitas no período matutino entre 6 e 9 horas, pela maior facilidade de captura dos animais.

A sensibilidade do algodoeiro foi avaliada por meio do índice de área foliar (IAF) e da estimativa da taxa de crescimento, utilizando-se do programa ANACRES de PORTES & CASTRO (1991), a partir de 12 avaliações da área foliar e da massa de matéria seca de oito plantas coletadas semanalmente em cada parcela. A área foliar foi obtida com o medidor LICOR 3100 e a massa seca obtida por pesagem após secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60 °C; a do milho foi avaliada pelo peso total de grãos a 13% de umidade em base úmida.

Resultados e discussão

Primeiro ano

Efeito do preparo e da cobertura do solo sobre o crescimento do algodoeiro

O preparo do solo e a quantidade de resíduos afetaram a expansão da superfície foliar do algodoeiro em tal magnitude que os valores

de IAF das parcelas que não receberam estes tratamentos, foram até 86% menores do que os das parcelas preparadas e cobertas, aos 107 dias da semeadura. Por outro lado, quando se comparam os efeitos isolados das duas práticas, observa-se maior efeito da cobertura, porquanto o IAF do tratamento 4,6NP (maior cobertura e sem preparo do solo) foi 40% maior do que o do DP (preparado do solo e sem cobertura) (Figura 1). Segundo PURVIS & WILLIANSO (1972) e SOJKA & STOLZY (1980), em solos com propriedades químicas adequadas e sem estresse hídrico, a taxa de expansão da folha varia com a resistência estomática ao CO₂ afetada pelo fluxo de O₂ na zona radicular. A importância da variação da área foliar como expressão do potencial de crescimento vegetal é conhecida desde que YOSHIDA (1972) se referiu ao tamanho e duração da folha como os primeiros responsáveis pela variação da produção biológica da planta.

Nos solos sem preparo, as diferenças entre os com a maior cobertura e os descobertos, foram elevadas em 60% (de 3,1 para 5,0 g semana⁻¹) aos 107 dias da semeadura. Enquanto isso, nas parcelas descobertas, as diferenças foram ainda maiores (3,2 para 6,3 g semana⁻¹), o que significa que o preparo praticamente dobrou a taxa de crescimento da cultura, em sua fase de maior desenvolvimento. Por outro lado, na mesma fase, a taxa de crescimento das plantas beneficiadas por essas duas práticas era 2,3 vezes maior (3,1 e 7,2 g semana⁻¹) do que a das parcelas sem preparo e descobertas (Figura 2).

Segundo MOURA (1995), nos Argissolos do trópico úmido com altos teores de areia fina, essas diferenças se devem às variações no volume de poros com diâmetros maiores que 60 µm que, nas áreas descobertas, decresce a valores insuficientes para que o coeficiente de difusão do oxigênio alcance níveis adequados às exigências da zona radicular. Como ocorre normalmente nessa região do País, o grande volume de água precipitado em março do primeiro ano, em torno de 600 mm, no início do crescimento das plantas, deve ter sido suficiente para saturar o horizonte B textural dos Argissolos da região, o que aumentou a importância da macroporosidade da zona radicular durante a fase de máxima expansão das folhas e de maior crescimento das plantas (abril e maio). Esses resultados ratificam as observações feitas no mesmo solo por ALBUQUERQUE (1999), sobre a melhoria das condições de crescimento das raízes abaixo da cobertura, que pode ser influenciada pela fauna edáfica que, quando protegida, atua revolvendo o solo, aumentando a sua aeração.

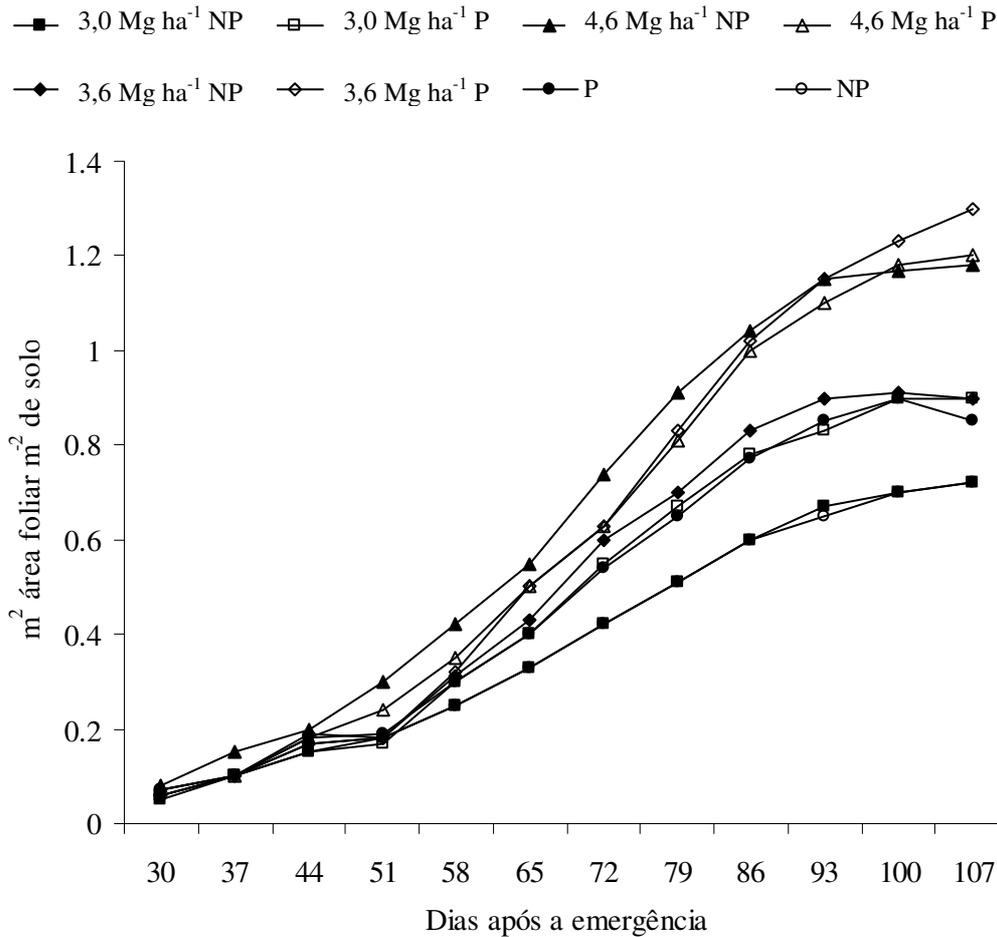


Figura 1 – Índice de área foliar da cultura do algodoeiro submetida a 0; 3,0; 3,6 e 4,6 Mg ha⁻¹ de cobertura morta e aos sistemas de manejo do solo com preparo (P) e sem preparo (NP).

Figure 1 – Leaf area index of cotton plant under 0, 3.0, 3.6 and 4.6 Mg ha⁻¹ of mulching and soil management systems with tillage (P) and no-tillage (NP).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Efeito do preparo e da cobertura do solo sobre a densidade e biomassa de anelídeos e miriápodes

No primeiro ano, a cobertura do solo não aumentou a densidade nem a biomassa de anelídeos e miriápodes. Por outro lado, no solo preparado, foram encontradas diferenças significativas apenas para os anelídeos, que se mostraram mais sensíveis às alterações promovidas na zona radicular do algodoeiro.

Também não houve interação significativa entre cobertura e preparo do solo (Tabelas 1 e 2). Para RODRIGUEZ et al. (2006), o plantio direto cria um sistema biológico complexo com condições microclimáticas mais estáveis e um habitat mais adequado à fauna do solo. Em relação às minhocas, segundo HUBBARD et al. (1999), o preparo do solo, além de eliminar os indivíduos no processo, destrói os seus túneis e

diminui a densidade e a biomassa de todas as espécies de anelídeos.

Segundo RODRIGUEZ et al. (2006), o efeito do preparo e da cobertura sobre alguns grupos depende da intensidade e reiteração dessas práticas. De qualquer forma, as variações de crescimento do algodoeiro neste experimento não correlacionam nem podem ser explicadas pelas diferenças de atuação do grupo de organismos coletados nos solos cobertos e descobertos.

Outros grupos, como os coleópteros da família Carabidae e himenópteros da família Formicidae, devem ser investigados (MARASAS et al., 2001 e RODRIGUEZ et al., 2006), levando em conta que suas capacidades de dispersão devem exigir esquemas de amostragem mais complexos do que os utilizados neste experimento.

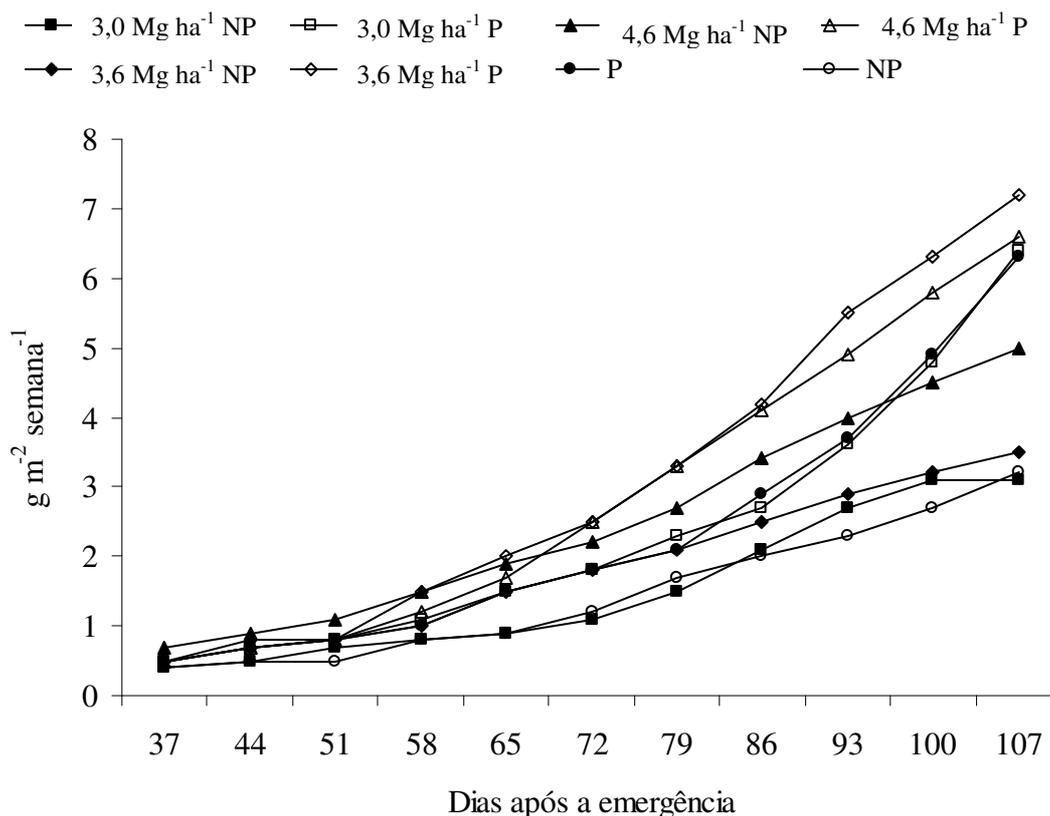


Figura 2 – Taxa de crescimento da cultura do algodoeiro submetida a 0; 3,0; 3,6 e 4,6 Mg ha⁻¹ de cobertura morta e aos sistemas de manejo do solo com preparo (P) e sem preparo (NP).

Figure 2 – Growth crop rate of cotton plants under 0, 3.0, 3.6 and 4.6 Mg ha⁻¹ of mulching and soil management systems with tillage(P) and no-tillage (NP).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Tabela 1 – Biomassa de anelídeos e miriápodes em função da matéria seca da cobertura morta e do preparo do solo, na cultura do algodoeiro (1^o ano).

Table 1 - Biomass of annelids and myriapods related to dry weight of mulch and tillage in cotton crop (1st year).

Tratamentos	Biomassa/Biomass (g m ⁻²)					
	Manejo do solo ² /Soil Management ²				Média ¹ /Mean ¹	
	Não arado/No-tillage		Arado/Tillage		Anelídeos/Annelids	Miriápodes/Myriapods
Cobertura morta ³ /Mulch ³ (Mg ha ⁻¹)						
4,6	0,28	0,08	0,86	0,05	0,57 b	0,06 a
3,6	1,73	0,39	0,26	0,07	1,00 ab	0,23 a
3,0	2,10	0,20	0,50	0,10	1,30 a	0,15 a
Solo descoberto/ Soil uncovered	0,77	0,24	0,34	0,03	0,56 b	0,14 a
Média^{2/2}	1,22A	0,23A	0,49B	0,06A	0,86	0,14

¹Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas (níveis de cobertura morta) e maiúsculas nas linhas (preparo do solo), não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%) = 33,20; DMS = 0,19 (Manejo do solo); DMS = 0,53 (Cobertura morta).

²Means followed by the same letters, lowercase in columns (levels of mulch) and capital in rows (soil tillage), does not differ statistically by Tukey test, a 5% of probability level. CV(%) = 33.20; LSD = 0.19 (Tillage); LSD = 0.53 (Mulch).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Tabela 2 – Densidade de anelídeos e miriápodes em função da cobertura morta e do preparo do solo na cultura do algodoeiro (1^o ano).

Table 2 – Density of annelids and myriapods related to mulch and soil tillage in cotton crop (1st year).

Tratamentos	Densidade de indivíduos/Organisms density (n ^o m ⁻²)					
	Manejo do solo ² /Soil Management ²				Média ¹ /Mean ¹	
	Não arado/No-tillage		Arado/Tillage		Anelídeos/ Annelids	Miriápodes/ Myriapods
Cobertura morta ³ /Mulch ³ (Mg ha ⁻¹)						
4,6	5,00	1,00	6,00	2,50	5,50 b	1,75 ab
3,6	14,00	3,25	2,00	0,50	8,00 a	1,88 ab
3,0	12,75	1,75	2,50	3,50	7,62 a	2,62 a
Solo descoberto/ Soil uncovered	4,00	0,91	1,91	0,75	2,96 c	0,83 b
Média¹/Mean¹	8,94 A	1,73 A	3,10 B	1,81 A	6,02	1,77

¹Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. CV(%) = 31,52; DMS = 0,60 (Manejo do solo); DMS = 1,56 (Cobertura morta); ²Fator A - Manejo do solo; ³Fator B - Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa).

¹Means followed by the same letters do not differ statistically by the Tukey test at 5% of probability level. CV(%) = 31.52; LSD = 0.60 (Tillage); LSD = 1.56 (Mulch); ²Factor A - Soil management; ³Factor B - Levels of biomass mulch (leguminous). The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Segundo ano

Efeito do preparo e da cobertura do solo sobre a densidade e biomassa de anelídeos e miriápodes e sobre a produtividade do milho

Como havia ocorrido no primeiro, também no segundo ano o preparo afetou a biomassa e a densidade dos anelídeos, confirmando a sensibilidade desse grupo às perturbações decorrentes do preparo do solo nos trópicos.

O efeito residual da cobertura, com ramos de guandu, deve ter contribuído para a melhoria dos indicadores de qualidade que afetam a presença de anelídeos e miriápodes porque, no segundo ano, foram maiores as densidades e biomassas desses indivíduos nas parcelas cobertas, principalmente com o guandu no espaçamento de 3 m (Tabela 3).

Como no primeiro ano, também não houve interação significativa entre cobertura e preparo do solo. Os miriápodes mostraram-se mais sensíveis ao solo descoberto, enquanto os anelídeos se mostraram mais afetados pelo preparo. As variáveis densidade e biomassa mostraram-se igualmente satisfatórias para avaliar a sensibilidade desses indivíduos ao manejo do solo, no segundo ano. Esses resultados concordam com os de RODRIGUEZ et al. (2006), que encontraram maior abundância de artrópodos em solo não preparado, devido à presença de resíduo superficial e recomendaram a não reiteração das práticas de preparo do solo para a preservação da fauna edáfica.

A produção de grãos de milho não foi afetada pelo preparo, provavelmente porque, em solos descobertos, de estrutura frágil e sob alta precipitação, a camada arável volta rapidamente à condição de porosidade anterior ao preparo, em função do fenômeno da recompactação, descrito por BUSSCHER et al. (2002).

Por outro lado, o efeito da cobertura foi notável, principalmente nas parcelas com menores quantidades de matéria seca em cobertura, onde as fileiras de guandu foram espaçadas de 2,5 e 3,0 m que receberam 3,6 e 3,0 Mg ha⁻¹ de cobertura, respectivamente (Tabela 3).

Nas parcelas com as fileiras de feijão-guandu semeadas a 2,0 m de largura, conquanto tenham sido produzidas e aplicadas maiores quantidades de matéria seca, o efeito da maior competição, abaixo e acima do solo, exercida pela rebrotação da leguminosa sobre as plantas de milho, por estas estarem mais próximas das linhas de guandu (0,30 m) nesse espaçamento de 2,0 m do que nos espaçamentos de 2,5 m (0,55 m) e de 3,0 m (0,80 m), pode explicar a menor produtividade das plantas nestas áreas.

Efeitos similares da cobertura sobre a produtividade do milho foram encontrados por MOURA (1995) e ALBUQUERQUE (1999) em experimentos conduzidos no mesmo solo, em função do maior volume de poros com diâmetro acima de 60 µm encontrado nas parcelas cobertas, o que resulta na capacidade de aeração mantida acima do nível crítico nestas áreas.

Tabela 3 – Biomassa e densidade de anelídeos e miriápodes em função da matéria seca, em cobertura morta e do preparo do solo (2^o ano).

Table 3 - Biomass and density of annelids and myriapods related of dry weight and tillage (2nd year).

Tratamentos	Biomassa/Biomass (g m ⁻²)						
	Cobertura morta ³ /Mulch ³ (Mg ha ⁻¹)	Manejo do solo ² /Soil Management ²				Média ¹ /Mean ¹	
		Não arado/No-tillage		Arado/Tillage		Anelídeos/ Annelids	Miriápodes/ Myriapods
		Anelídeos/ Annelids	Miriápodes/ Myriapods	Anelídeos/ Annelids	Miriápodes/ Myriapods		
4,6	1,98	0,25	1,92	0,09	1,95 b	0,17 a	
3,6	2,78	0,08	1,61	0,10	2,20 b	0,09 a	
3,0	4,83	0,38	2,64	0,23	3,74 a	0,30 a	
Solo descoberto/ Soil uncovered	1,16	0,00	0,68	0,00	0,92 c	0,00 a	
Média¹/Mean¹	2,69 A	0,18 A	1,71 B	0,10 A	2,20	0,14	

¹Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. CV(%) = 26,61; DMS = 0,22 (Manejo do solo); DMS = 0,57 (Cobertura morta); ²Fator A - Manejo do solo; ³Fator B - Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa).

¹Means followed by the same letters do not differ statistically by the Tukey test at 5% of probability level. CV(%) = 26.61; LSD = 0.22 (Tillage); LSD = 0.57 (Mulch); ²Factor A - Soil management; ³Factor B - Levels of biomass mulch (leguminous).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Tabela 4 – Densidade de anelídeos e miriápodes em função da cobertura morta e do preparo do solo, na cultura do algodoeiro (2^o ano).

Table 4 – Density of annelides and miriápodes related to mulch and soil tillage in cotton crop (2nd year).

Tratamentos	Densidade de indivíduos/Organisms density (n ^o m ⁻²)						
	Cobertura morta ³ /Mulch ³ (Mg ha ⁻¹)	Manejo do solo ² /Soil Management ²				Média ¹ /Mean ¹	
		Não arado/No-tillage		Arado/Tillage		Anelídeos/ Annelids	Miriápodes/ Myriapods
		Anelídeos/ Annelids	Miriápodes/ Myriapods	Anelídeos/ Annelids	Miriápodes/ Myriapods		
4,6	5,75	1,75	5,00	1,50	5,38 c	1,62 ab	
3,6	10,00	1,50	7,25	0,75	8,62 b	1,12 bc	
3,0	15,50	2,25	8,25	2,75	11,88 a	2,50 a	
Solo descoberto/ Soil uncovered	4,33	0,00	2,33	0,25	3,33 d	0,12 c	
Média¹/Mean¹	8,90 A	1,38 A	5,71 B	1,31 B	7,30	1,34	

¹Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. CV(%) = 32,82; DMS = 0,04 (Manejo do solo); DMS = 1,16 (Cobertura morta); ²Fator A - Manejo do solo; ³Fator B - Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa).

¹Means followed by the same letters do not differ statistically by the Tukey test at 5% of probability level. CV(%) = 32.82; LSD = 0.04 (Tillage); LSD = 1.16 (Mulch); ²Factor A - Soil management; ³Factor B - Levels of biomass mulch (leguminous).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Tabela 5 – Produtividade do milho (Mg. ha⁻¹) em função da cobertura morta e do preparo do solo.

Table 5 – Maize yield (Mg ha⁻¹) related with mulch and tillage.

Cobertura morta ³ /Mulch ³ (Mg ha ⁻¹)	Manejo do solo ² /Soil Management ²		Média ¹ /Mean ¹ (Mg ha ⁻¹)
	Não arado/ No-tillage	Arado/ Tillage	
4,6	5,10	2,49	3,80 bc
3,6	4,42	7,91	6,17 a
3,0	5,60	5,72	5,66 a
Solo descoberto/Soil uncovered	1,30	3,87	2,59 c
Média¹/Mean¹	4,10 B	5,00 A	4,55

¹Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV(%) = 14,73; DMS = 0,70 (Manejo do solo); DMS = 1,79 (Cobertura morta).

¹Means followed by the same letters, lowercase in columns (levels of mulch) and capital in rows (soil tillage), does not differ statistically by Tukey test, a 5% of probability level. CV(%) = 14.73; LSD = 0,70 (tillage); LSD = 1,79 (mulch).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Conclusões

No trópico úmido, anelídeos e miriápodes mostraram-se menos sensíveis do que o algodoeiro quanto às alterações proporcionadas pela cobertura morta nos indicadores da qualidade do solo, no primeiro ano, o que sugere restrição para o uso desses organismos na avaliação de alterações provocadas no curto prazo.

A reiteração da cobertura e do plantio direto, por dois anos, aumentou a densidade e biomassa dos anelídeos e miriápodes, indicando que, nos trópicos, esses organismos não apenas influenciam, mas são influenciados pela qualidade dos agrossistemas.

Os resultados deste trabalho sugerem que anelídeos e miriápodes também devem ser incluídos nas avaliações de agrossistemas tropicais, associados a outros grupos de grande atuação nos solos dos trópicos como coleópteros e formigas.

Referências

ALBUQUERQUE, J.M. **Níveis de preparo e de cobertura entre aléias de guandu com milho, como alternativas de melhoramento da qualidade física e do uso intensivo de um Argissolo da Formação Itapecuru-MA.** 1999. 66f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 1999.

BECK, L.; RÖMBKE, J.; BREURE, A.M.; MULDER, C. Considerations for the use of soil ecological classification and assessment concepts in soil protection. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.62, n.2, p.189-200, 2005.

BIRKÁS, M.; JOLÁNKAI, M.; GYURICZA, C.; PERCZE, A. Tillage effects on compaction earthworms and other soil quality indicators in Hungary. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.78, n.2, p.185-196, 2004.

BONKOWSKI, M.; SCHEU, S.; SCHAEFER, M. Interactions of earthworms (*Octolasion lacteum*), millipedes (*Glomeris marginata*) and plants (*Hordelymus europaeus*) in a beechwood on a basalt hill: implications for litter decomposition and soil formation. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.9, n.1-3, p.161-166, 1998.

BREURE, A.M.; MULDER, C.; RÖMBKE, J.; RUF, A. Ecological classification and assessment concepts in soil protection. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.62, n.2, p.211-229, 2005.

BRUYN, L.A.L. The status of soil macrofauna as indicators of soil health to monitor the sustainability of Australian agricultural. **Ecological Economics**, v.23, n.2, p.167-178, 1997.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; FREDERICK, J.R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.68, p.49-57, 2002.

FRASER, P.M.; BEARE, M.H.; BUTLER, R.C.; HARRISON-KIRK, T.; PIERCE, J.E. Interactions between earthworms (*Aporrectodea caliginosa*), plants and crop residues for restoring properties of a degraded arable soil. **Pedobiologia**, Jena, v.47, n.5-6, p. 870-876, 2003.

HUBBARD, V.C.; JORDAN, D.; STECKER, J.A. Earthworm response to rotation and tillage in a Missouri claypan soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.29, n.4, p.343-347, 1999.

MARASAS, M.E.; SARANDÓN, S.J.; CICCHINO, A.C. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.18, n.1, p.61-68, 2001.

MOURA, E.G. **Atributos físicos-hídricos e de fertilidade de um PVA distrófico da formação Itapecuru em São Luís-MA, que afetam o crescimento do milho (*Zea mays* L.).** 1995. 82f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

PAOLETTI, M.G.; DUNXIAO, H.G.; MARC, P.G.; NINGXING, H.G.; WENLIANG, W.G.; CHUNRU, H.G.; JIAHAI, H.G.; LIEWAN, C.G. Arthropods as bioindicators in agroecosystems of Jiang Han Plain, Qianjiang City, Hubei China. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.18, n.3, p.457-465, 1999.

PORTES, T.A.; CASTRO JÚNIOR, L.G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.3, n.1, p.53-56, 1991.

PURVIS, A.C.; WILLIAMSON, R.E. Effects of flooding and gaseous composition of the root environment on growth of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.674-678, 1972.

RAW, F. Earthworm population by using formalin. **Nature**, Paris, v.184, p.1.661-1.662, 1959.

RODRIGUEZ, E.; FERNÁNDEZ-ANERO, F.J.; RUIZ, P.; CAMPOS, M. Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in a

Mediterranean climate. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.85, p.229-233, 2006.

RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; DIDDEN, W. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.62, n.2, p.249-265, 2005.

SOJKA, L.D.; STOLZY, L.H. Soil oxygen effects on stomatal response. **Soil Science**, Baltimore, v.130, n.6, p.350-358, 1980.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Plant Physiology**, Washington, v.23, p.437-464, 1972.

Recebido em 27-04-2006

Aceito para publicação em 16-05-2007