

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL NO SEMI-ÁRIDO CEARENSE⁽¹⁾

Herdjania Veras de Lima⁽²⁾, Teógenes Senna de Oliveira⁽³⁾, Maria Matutina de Oliveira⁽⁴⁾, Eduardo de Sá Mendonça⁽⁵⁾ & Pedro Jorge Bezerra Ferreira Lima⁽⁶⁾

RESUMO

A qualidade do solo pode mudar com o passar do tempo, em decorrência de eventos naturais ou ações antrópicas. A adoção de práticas de cultivo orgânico reduz o revolvimento do solo, favorecendo a recuperação de suas propriedades físicas e químicas. Este trabalho teve como objetivo comparar propriedades físicas, químicas e biológicas de solos cultivados com algodão em bases orgânicas e no sistema convencional, assim como identificar as que possam ser utilizadas como indicadores de qualidade do solo. Selecionaram-se seis áreas submetidas ao cultivo orgânico e três ao cultivo convencional para coleta de amostras de solo deformadas e indeformadas, nas camadas de 0–10, 10–20 e 20–30 cm. Técnicas de estatística univariada e multivariada foram utilizadas para análise dos dados. Os resultados mostraram que os indicadores físicos e químicos testados individualmente não foram sensíveis para diferenciar as áreas sob sistema de cultivo orgânico daquelas sob cultivo convencional. No entanto, a aplicação de técnicas de análise multivariada – no caso, componentes principais e a discriminante de Anderson – permitiu a distinção entre algumas áreas cultivadas sob cultivo orgânico comparativamente às convencionais, até mesmo as que estavam em transição.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado da primeira autora apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará – UFC. Recebido para publicação em agosto de 2004 e aprovado em junho de 2006.

⁽²⁾ Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA. Av. Pres. Tancredo Neves, 2501 – Caixa Postal 917, CEP 66077-530 Belém (PA). E-mail: herdjania.lima@ufra.edu.br

⁽³⁾ Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará – UFC. Campus do PICI, Bloco 807, CEP 60455-760 Fortaleza (CE). Bolsista do CNPq. E-mail: teo@ufc.br

⁽⁴⁾ Centro de Pesquisa e Assessoria – ESPLAR. Rua Princesa Isabel 1968, CEP 60015-061 Fortaleza (CE). E-mail: esplar@esplar.org.br

⁽⁵⁾ Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36570-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. E-mail: esm@solos.ufv.br

⁽⁶⁾ Centro de Pesquisa e Assessoria, ESPLAR. E-mail: pedrojorge@esplar.org.br

Dos indicadores biológicos, a fauna edáfica mostrou-se mais precisa na avaliação da qualidade do solo, distinguindo de forma satisfatória as áreas sob sistema de cultivo orgânico das que estavam sob sistema convencional.

Termos de indexação: agricultura familiar, agroecologia, macrofauna e mesofauna do solo.

SUMMARY: SOIL QUALITY INDICATORS IN ORGANIC AND CONVENTIONAL CULTIVATION SYSTEMS IN THE SEMI ARID AREAS OF CEARA - BRAZIL

Soil quality can change along the time due to natural events or anthropic activities. The use of organic management practices reduces soil tillage and favors the recovery of soil physical and chemical properties. The objective of this study was to compare the physical, chemical and biological properties of cultivated soils under organic system or conventional tillage system. Six organic and three conventional cultivated areas were selected and soil samples collected in the layers 0–10, 10–20 and 20–30 cm. Physical, chemical and biological (macro and mesofauna) soil properties were evaluated and analyzed by univariate and multivariate statistical techniques. Individually, the physical and chemical parameters were not sensitive enough to differentiate organic from conventional production systems. The multivariate analyses (Principal components and Anderson discriminant) obtained satisfactory results, distinguishing organic from conventional management areas and from those in transition. Areas cultivated under organic systems were distinguished satisfactorily and most precisely from areas under conventional systems based on difference in soil fauna.

Index terms: smallholder farming, agroecology, soil macrofauna, soil mesofauna.

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo se relaciona com sua capacidade em desempenhar funções que interferem na produtividade de plantas e animais e no ambiente, podendo mudar com o passar do tempo em decorrência de eventos naturais ou uso humano (SSSA, 1995). Uma das formas de melhorar a qualidade do solo é a adoção de práticas de cultivo orgânico, as quais evitam ou praticamente excluem o uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, procurando substituir insumos adquiridos externamente por aqueles encontrados na propriedade ou próximos (Altieri, 2002). Esse tipo de sistema de cultivo reduz o revolvimento do solo, favorecendo a recuperação das propriedades físicas e químicas, antes deterioradas pelo sistema de cultivo intensivo ou convencional.

A avaliação da qualidade do solo é feita por indicadores que devem integrar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Doran & Parkin, 1994). Alguns indicadores são amplamente utilizados, a saber: capacidade de troca de cátions, conteúdo de matéria orgânica, densidade do solo, retenção de água, porosidade, condutividade hidráulica, pH do solo e produtividade (Larson & Pierce, 1991; Doran et al., 1993). De acordo com Liebig & Doran (1999), devem ser escolhidos indicadores que possam ser utilizados em áreas distintas, independentemente da diversidade

de situações que prevaleçam. Contudo, os indicadores a serem utilizados devem ser facilmente quantificados e seus efeitos de fácil interpretação, viabilizando a aplicação por agricultores e técnicos no campo.

Nas últimas décadas aumentou bastante o interesse dos cientistas pelos sistemas orgânicos de cultivo, especialmente em comparação à agricultura convencional. Muitos estudos têm avaliado as alterações das propriedades químicas e biológicas do solo durante a transição do cultivo convencional para o orgânico (Drinkwater et al., 1995; Werner, 1997; Clark et al., 1998; Swezey et al., 1999; Gosling & Shepherd, 2005; Marinari et al., 2006), sendo comum a todos, a consideração de um certo período de tempo de cultivo, pois a percepção de mudanças significativas está na dependência do clima, da rotação das culturas, do tipo de solo, etc. Até então, no Ceará, não se registram estudos visando identificar indicadores de alterações físicas, químicas e biológicas em áreas sob cultivo de algodão orgânico, comparativamente àquelas sob cultivo convencional. Esses estudos são importantes para determinar a sustentabilidade dos sistemas de cultivo orgânico, para que um conjunto de dados mínimos sirva como referência para avaliação e seleção de indicadores de qualidade do solo.

A hipótese para o presente trabalho estabelece que os sistemas de cultivo de algodão orgânico no Ceará propiciam melhorias nas propriedades físicas,

químicas e biológicas do solo, tornando possível a diferenciação daqueles cultivados convencionalmente. Assim, objetivou-se comparar propriedades físicas, químicas e biológicas de solos cultivados com algodão orgânico e convencional por agricultores do município de Tauá-CE, assim como selecionar as que possam ser utilizadas como indicadores de qualidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção e coleta de amostras

O estudo foi realizado no município de Tauá, situado a sudoeste do Estado do Ceará, na microrregião geográfica Sertão dos Inhamuns (6° 00' S e 40° 18' W), a 320 km da capital, Fortaleza. Pela classificação de Köppen, o clima é do tipo BSw'h' (clima quente e semi-árido, com estação chuvosa podendo atrasar para o outono), com temperaturas superiores a 18 °C no mês mais frio e precipitação pluvial média anual de 550 a 650 mm. O relevo na região é plano, suave ondulado e ondulado, com altitudes variando de 400 a 500 m, sendo a vegetação predominante a do tipo caatinga hiperxerófila (Brasil, 1973).

Foram selecionadas seis áreas sob cultivo orgânico e três sob cultivo convencional. As áreas convencionais foram escolhidas próximas às orgânicas para reduzir a variabilidade do relevo e da textura do solo. Em cada um dos cultivos escolhidos, foram estabelecidas três parcelas de $\approx 100 \text{ m}^2$, consideradas como repetições, para coleta de amostras de solos e determinação da composição dos consórcios. O sistema de cultivo orgânico foi iniciado em 1997 e 1998 e o algodão se achava consorciado com outras culturas e submetido a técnicas de manejo, conforme indicado no quadro 1. Já o sistema convencional de cultivo tinha mais de 10 anos.

A composição dos consórcios orgânicos foi escolhida pelos agricultores, sendo obrigatória a presença do algodão e de uma leguminosa (guandu ou leucena). Em todas as áreas sob cultivo orgânico foram aplicados biofertilizantes à base de esterco fresco, rapadura, água e outros componentes de origem animal (sangue + vísceras de animais domésticos), vegetal (folhas e ramos de plantas nativas trituradas e maceradas) e mineral (cinzas), fermentados durante 45 dias e aplicados nas fases vegetativa e reprodutiva das culturas. Esses produtos foram aplicados, na forma de suspensão, com pulverizadores costais, numa proporção de 25 a 50 ml L⁻¹, a intervalos de uma a duas semanas.

Em cada parcela demarcada foram coletadas amostras de solo deformadas e indeformadas nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–30 cm. As coletas foram realizadas no período de 24 a 28 de abril de 2000. O quadro 1 apresenta o histórico das áreas, o tipo de consórcio adotado, a época de plantio e os aspectos da plantação para cada cultivo estudado.

Indicadores físicos e químicos de solo

A análise granulométrica foi feita pelo método da pipeta (Embrapa, 1997) em todas as amostras. Na camada superficial (0–10 cm) foi calculada a porosidade total (PT), pela relação entre a densidade do solo (Ds) e a densidade de partículas (Dp), para o que se considerou o valor de 2,65 g cm⁻³. Para avaliar a distribuição das classes de poros, amostras foram coletadas em anéis volumétricos (67 cm³) em cada área. Posteriormente, em laboratório, as amostras foram saturadas e colocadas em funil de Haines. Foram considerados macroporos (MAP) aqueles com diâmetro maior que 0,05 mm e microporos (MIP) aqueles com diâmetro menor que 0,05 m. Após o equilíbrio, as amostras foram secas em estufa a 105 °C para determinação da umidade e da Ds, conforme Blake & Hartge (1986). A condutividade hidráulica (Ks) foi determinada por meio de permeâmetros de carga constante em amostras coletadas em anéis volumétricos (7,6 x 7,5 cm), enquanto a estabilidade dos agregados (EA) foi determinada por peneiramento úmido (Embrapa, 1997).

Nas amostras das três camadas estudadas (0–10, 10–20 e 20–30 cm), as propriedades químicas: pH em água (1:2,5), CO, bases trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺), P disponível e acidez potencial (H + Al) foram determinadas conforme Embrapa (1997), assim como foram estimadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação de bases (V %).

Indicadores biológicos do solo

A macro e a mesofauna do solo foram avaliadas em monólitos de solo (20 x 20 x 30 cm), por meio da coleta e classificação dos invertebrados presentes, conservando-os em formaldeído a 4 %. O monólito foi coletado nas três profundidades mencionadas. Foi também coletada a serapilheira existente na área de 1 m² (Aquino et al., 2000). Todos os invertebrados encontrados foram quantificados e identificados por ordem (Anderson & Ingram, 1996). As larvas foram apenas quantificadas.

Análise estatística

Os dados dos tratamentos foram submetidos à análise de variância, seguindo-se o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, até o nível de 5 %. Além disso, os dados foram submetidos às análises univariada e multivariada. Nas análises multivariadas, utilizaram-se quatro diferentes conjuntos de variáveis, envolvendo propriedades químicas e físicas, nas camadas de 0–10, 10–20 e 20–30 cm, isoladamente ou em conjunto. Foram realizadas análises de agrupamento e discriminante. Quanto à primeira, foi determinada a distância euclidiana média como uma medida de dissimilaridade (D²) e aplicados os métodos de otimização de Tocher (Rao, 1952) e de componentes principais (Pearson, 1901). A análise

Quadro 1. Identificação, localização, tipo de cultivo, posição geográfica e descrição das áreas com cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE

Agricultor	Local	Tipo de cultivo	Área	Início	Histórico das áreas
			m ²	Ano	
1	Baixas – Marrecas	Orgânico	3.298	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7MH) ¹ , milho, gergelim, guandu; aplicação de biofertilizante e inseticida natural; adubação orgânica com esterco animal; aração; plantio em covas; enleiramento dos restos culturais em nível; e realização de duas capinas. Antes da instalação do cultivo orgânico, a área era cultivada com palma forrageira, ficando em pousio durante 6 anos. LG: 6° 18' 26,4" S e 40° 29' 57,1" W.
2	Zacarias	Orgânico	3.000	1997	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H) ² , milho, gergelim, leucena; aplicação de biofertilizante; adubação orgânica com esterco animal; aração; plantio em covas; enleiramento dos restos culturais em nível; e realização de duas capinas. Área localizada em encosta e com grande declividade. LG: 5° 54' 30"S e 40° 01' 33,4"W
3	Juá	Orgânico	2.000	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, gergelim, guandu, feijão; aração; plantio em covas; aplicação de biofertilizante; aração; plantio em covas; enleiramento dos restos culturais em nível; e realização de duas capinas. LG: 6° 28' 26,4"S e 40° 21' 42,3" W
4	Jardim/ Trici	Orgânico	3.220	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, gergelim, guandu, feijão; aplicação de biofertilizante; aração; plantio em covas; enleiramento dos restos culturais em nível; e realização de duas capinas. O guandu e o feijão foram incorporados ao consórcio a partir do ano de 1999. LG: 5° 55' 0,8"S e 40° 28' 53,1" W
5	Queimadas	Orgânico	3.240	1997	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, gergelim, guandu, feijão; aplicação de biofertilizante e inseticida natural; aração; aração; plantio em cova; enleiramento dos restos culturais em nível; e realização de duas capinas. O feijão não fazia parte do consórcio no ano de 1998. LG: 5° 57' 32"S e 40° 30' 38,5" W
6	Altamira	Orgânico	3.600	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, feijão (em 1998, era cultivado o gergelim em vez do feijão); aplicação de biofertilizante; aração; plantio em covas; enleiramento dos restos culturais em nível; e realização de duas capinas. Queimada localizada no início do plantio na área. Em 1998, foi cultivado o gergelim em vez do feijão. LG: 5° 45' 27"S e 40° 04' 06,8" W.
7	Fazenda Vacaria	Convencional	10.000	*	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho; aplicação de inseticida, herbicida e fungicida; gradagem. LG: 5° 47' 53,4"S e 40° 10' 19,7" W.
8	-	Convencional	10.000	*	Monocultivo do algodão (CNPA 7MH); aplicação de inseticida, herbicida e fungicida sem doses determinadas. Há 15 anos era cultivado milho nesta área - esse foi o 1º ano com o cultivo do algodão; gradagem. LG: 5° 45' 20,5"S e 40° 06' 01,8" W.
9	Pedra D'água	Convencional	40.000	*	Monocultivo do algodão (CNPA 7H); aplicação de inseticida, herbicida e fungicida sem doses determinadas. Há 12 anos que esta área não era cultivada. Antes desses 12 anos, era cultivado feijão e este é o 1º ano com o cultivo do algodão; gradagem e queima dos restos vegetais. LG: 6° 10' 14,6" S e 40° 24' 34,2" W.

⁽¹⁾ Híbrido inter-racial arbóreo x herbáceo de ciclo plurianual. ⁽²⁾ Híbrido herbáceo de ciclo anual; LG: localização geográfica; * áreas cultivadas há mais de 10 anos.

discriminante foi realizada de acordo com Anderson (1958). Na execução dos procedimentos estatísticos foram utilizados o sistema de análises estatísticas e

genéticas (SAEG) (Euclides, 1983) e o programa GENES (Cruz, 1991), ambos desenvolvidos na Universidade Federal de Viçosa-MG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Indicadores físicos

Os solos das áreas de cultivo estudados apresentaram a mesma classe textural, franco-arenosa, nas três profundidades, com exceção das áreas de cultivo orgânico 3 e 5, onde a textura variou de franco-arenosa, na camada superficial, a franco-argilo-arenosa, nas camadas inferiores. A área 9 apresentou classe textural do tipo areia franca em todas as camadas (Quadro 2).

As áreas de cultivo orgânico 3 e 5 apresentaram níveis moderadamente altos de condutividade hidráulica (Ks), seguida das áreas 1 e 4, com níveis moderados, e das áreas 2 e 6, que obtiveram níveis moderadamente baixos, corroborando a análise estatística (Quadro 3) (Salassier, 1995). O valor mais elevado de Ks foi observado na área 9, pelo fato de a fração granulométrica ser mais grosseira (areia franca), o que favorece a rápida condução da água no solo, diferentemente das outras áreas que apresentam a mesma granulometria na camada superficial (Quadro 2). A elevada variabilidade dos valores de Ks (coeficientes de variação > 50 %) não permitiu melhor distinção das áreas quanto a essa propriedade.

Os dados de densidade do solo (Ds) não revelaram diferenças estatísticas entre as áreas, mesmo que o CV observado (11 %) tenha sido relativamente baixo.

Dos indicadores físicos analisados, apenas a estabilidade de agregados (EA) mostrou-se diferente entre as áreas (Quadro 3). A EA foi maior nas áreas cultivadas em bases orgânicas, com exceção da área 6. A adição de resíduos orgânicos e a diminuição no revolvimento do solo podem ter contribuído para essa diferença. A menor EA nas áreas de cultivo convencional em comparação às de cultivo orgânico evidenciou provavelmente os efeitos da ação antrópica no freqüente revolvimento do solo, causando a redução dos agregados maiores e aumentando a percentagem de agregados menores. De acordo com Palmeira et al. (1999), maior proporção de agregados estáveis ocorre nos sistemas de cultivo com mínima mobilização do solo.

A porosidade total (PT) não diferiu entre as várias áreas, mas a distribuição dos poros em MAP e MIP foi afetada (Quadro 3). Apenas o sistema orgânico da área 3 apresentou maior quantidade de MIP em relação aos MAP, sendo este um indício de degradação estrutural da camada superficial do solo. Dentre os indicadores físicos analisados, a EA mostrou-se mais eficiente para detectar as melhorias estabelecidas pelos sistemas orgânicos na estruturação dos solos.

Indicadores químicos

O manejo orgânico não alterou o pH do solo em relação ao manejo convencional, o qual variou de 6,8 a 7,5 (pH H₂O) na camada superficial do solo

Quadro 2. Frações granulométricas dos solos utilizados nas áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE, nas três profundidades estudadas

Propriedade	Profundidade	Sistema de cultivo								
		Orgânico						Convencional		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	cm	g kg ⁻¹								
Areia grossa	0-10	380	300	397	383	393	177	273	310	590
	10-20	407	277	303	333	380	163	210	253	643
	20-30	393	277	313	363	370	167	190	263	650
Areia fina	0-10	310	397	240	377	213	520	527	413	227
	10-20	310	387	223	407	200	527	520	400	193
	20-30	337	390	283	400	197	500	530	347	193
Silte	0-10	193	167	170	153	210	197	137	187	137
	10-20	203	203	180	193	207	183	180	230	120
	20-30	177	207	173	167	207	180	190	247	117
Argila	0-10	117	137	193	87	183	107	63	90	47
	10-20	113	133	293	67	213	127	90	117	43
	20-30	127	127	230	70	227	153	90	143	40

Quadro 3. Médias das propriedades físicas em amostras de solos coletadas em áreas de algodão sob o cultivo orgânico e convencional, na profundidade de 0–10 cm, no município de Tauá-CE, N=3

Propriedade	Sistema de cultivo								
	Orgânico						Convencional		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ks (ml h ⁻¹)	5,4 ab	1,4 b	8,3 ab	4,8 ab	7,4 ab	0,9 b	12,8 ab	3,6 b	24,3 a
Ds (g cm ⁻³)	1,49 ns	1,47	1,48	1,56	1,53	1,58	1,59	1,57	1,53
EA (%)	53,6 a	44,3 ab	63,3 a	43,9 ab	56,9 a	19,6 bc	15,1 c	24,0 bc	23,9 bc
PT (cm cm ⁻³)	0,52 ns	0,45	0,43	0,41	0,42	0,40	0,40	0,41	0,42
MAP (cm cm ⁻³)	0,31 a	0,27 ba	0,17 b	0,26 ba	0,28 ba	0,21 ba	0,24 ba	0,24 ba	0,31 a
MIP (cm cm ⁻³)	0,21 b	0,17 cb	0,27 a	0,15 cd	0,14 cd	0,19 cb	0,15 cd	0,17 cb	0,11 d

Ks: condutividade hidráulica, Ds: densidade do solo, EA: estabilidade de agregados, PT: porosidade total, MAP: macroporosidade, MIP: microporosidade. Letras maiúsculas, nas linhas, comparam diferenças entre áreas de cultivo, a 5 %, pelo teste Tukey. ns: não-significativo em toda a linha.

(Quadro 4). Os valores de soma de bases (SB) mostraram-se mais elevados na camada superficial das áreas 1, 2 e 5, as quais obtiveram incremento de ≈ 70 , 39 e 98 % nos valores de SB, respectivamente, em apenas dois anos; nas demais áreas com sistemas orgânicos, os valores de SB diminuíram (Lima, 2001). Os elementos que mais contribuíram na elevação da SB foram o Ca²⁺ e o Mg²⁺. Estudos evolutivos dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ em área submetida ao manejo orgânico durante 10 anos mostraram que esses dois elementos tiveram incremento de ≈ 100 %, valor atribuído à adição de compostos orgânicos (Souza, 2000).

Os valores da capacidade de troca de cátions (CTC) foram semelhantes aos de SB. No entanto, todas as áreas mostraram baixa CTC, indicando que a matéria orgânica aplicada ou o tempo de manejo orgânico não foi suficiente para alterar a capacidade dos solos em reter cátions, tendo em vista a similaridade granulométrica da camada superficial (0–10), com exceção da área 9. Em todas as áreas, a saturação por bases (V) atingiu valores médios acima de 80 %. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2000) após 10 anos de manejo orgânico. Também os teores de CO e N total não apresentaram diferenças significativas entre as áreas de cultivo (Quadro 4). De acordo com Mielniczuk (1999), para se detectar aumento no teor de matéria orgânica do solo, é necessário adição contínua de elevadas quantidades de material orgânico.

Como consequência, também não foram observadas diferenças estatísticas entre os valores da relação C/N, os quais variaram de 9:1 a 10:1 (Quadro 4). De acordo com Clark et al. (1998), a detecção de diferenças nos

teores de nutrientes em áreas de cultivo orgânico recém-implantadas nem sempre é fácil, pois o teor de matéria orgânica no solo aumenta lentamente, podendo levar anos para ser percebido.

Em suma, as análises físicas e químicas evidenciaram que a adição de compostos (biofertilizantes + esterco animal) nas áreas orgânicas, comparativamente às áreas convencionais, não mostrou resultados que comprovassem a diferenciação entre ambos os sistemas de manejo.

Análise multivariada

No quadro 5 são apresentados os grupos de áreas de cultivo formados pela aplicação da técnica de agrupamento utilizando o método de otimização de Tocher, considerando todas as áreas orgânicas e convencionais. Entre os conjuntos de propriedades utilizados, observou-se que o uso de todas as propriedades químicas e físicas (químicas + físicas), assim como o somatório de todas as propriedades e profundidades analisadas, proporcionou distinção maior entre as áreas de cultivo. Essa distinção é maior ainda quando nas profundidades de 10–20 e 20–30 cm. Era de se esperar que a primeira camada expressasse melhor os efeitos da cobertura e das técnicas de manejo aplicadas, o que não aconteceu.

O agrupamento obtido com aplicação da técnica de agrupamento não expressa coerentemente a diferenciação entre áreas quanto ao tipo de cultivo e histórico das áreas. Observa-se, por exemplo, para as três camadas e todas as propriedades físicas e químicas, que as áreas sob cultivo orgânico, 1, 2 e 5, e convencional, 9, são agrupadas distintamente em

Quadro 4. Médias das propriedades químicas em amostras de solo coletadas em áreas de cultivo orgânico e convencional, nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–30 cm, no município de Tauá-CE, N=3

Variável	Profundidade	Sistema de cultivo								
		Orgânico						Convencional		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	cm									
pH	0–10	7,4 ns	7,10	7,00	6,80	7,30	6,80	7,40	7,50	7,40
(H ₂ O)	10–20	7,7 ns	7,10	6,50	7,10	7,00	6,40	7,40	7,40	7,20
	20–30	7,1 ns	7,40	6,60	7,50	7,10	6,10	7,20	7,30	7,20
pH	0–10	6,8 ns	5,50	5,80	5,80	6,30	5,40	6,20	6,00	6,70
KCl (1:2,5)	10–20	6,1 ns	5,30	5,40	5,80	5,70	4,90	5,90	5,60	6,20
	20–30	5,5 ns	5,30	5,50	6,10	5,80	4,60	5,80	5,50	5,60
SB	0–10	15,3 a	13,6 ab	4,70 c	4,30 c	10,50 abc	6,10 c	7,60 bc	10,40 abc	7,30 b
(cmol _c kg ⁻¹)	10–20	13,0 ab	15,7 a	5,07 cd	5,2 cd	7,6 bcd	4,8 cd	9,0 abcd	12,0 abc	3,0 d
	20–30	10,4 ab	16,0 a	4,40 cd	4,3 cd	8,3 bcd	5,1 cd	8,9 abcd	14,0 ab	2,4 d
CTC	0–10	16,0 a	14,4 ab	5,87 c	4,8 c	11,0 abc	6,9 bc	7,9 bc	10,6 abc	7,9 bc
(cmol _c kg ⁻¹)	10–20	13,3 ab	16,7 a	6,37 bc	5,8 abc	8,5 ab	5,9 bc	9,2 abc	12,3 ab	3,6 c
	20–30	11,3 ab	16,7 a	5,53 bc	4,6 bc	9,2 abc	6,4 bc	9,1 abc	14,5 a	2,9 c
V	0–10	98 ns	94	84	89	94	88	95	98	92
(%)	10–20	99 ns	94	80	91	90	82	96	97	89
	20–30	92 ns	96	81	94	90	81	98	97	85
CO	0–10	9,7 ns	7,5	6,53	4,6	10,1	7,4	3,9	5,1	9,7
(g kg ⁻¹)	10–20	7,1 ns	4,9	6,17	4,8	6,6	4,23	3,8	5,4	4,6
	20–30	6,4	4,0	4,23	3,0	6,6	3,07	2,6	4,8	2,3
N total	0–10	1,0 ns	0,8	0,65	0,5	1,0	0,7	0,4	0,5	1,0
(g kg ⁻¹)	10–20	12,2 ns	8,4	10,60	8,3	11,4	7,3	6,5	9,3	7,9
	20–30	0,7 ns	0,4	0,44	0,3	0,7	0,3	0,3	0,5	0,2
C/N	0–10	9,7 ns	9,7	10,00	10,0	10,0	10,3	9,7	9,7	9,3
	10–20	9,7 ns	9,7	9,67	10,3	9,7	9,3	9,7	10,0	9,7
	20–30	9,7 ns	10,0	9,67	9,7	10,0	10,0	9,3	9,7	9,7

Letras minúsculas, nas linhas, comparam diferenças entre as áreas de cultivo, a 5 %, pelo teste Tukey. ns: não-significativo em toda a linha.

relação às demais. Esses resultados expressam os efeitos das técnicas de manejo adotadas. No entanto, quando se analisa o primeiro grupo formado, constata-se inclusão de áreas sob cultivo orgânico e convencional, o que só pode ser explicado pela incorporação, não tão intensiva assim, tanto da técnica de cultivo orgânico quanto da convencional. Esses resultados estão coerentes com os expressos anteriormente (Quadros 3 e 4), em que não se constata também a diferenciação das áreas.

Pode-se considerar, portanto, que as áreas sob cultivo orgânico não apresentam resultados que expressam os efeitos do sistema de cultivo, podendo ser consideradas em processo de transição. De acordo com Clark et al. (1998), a transição do sistema de manejo convencional para o orgânico é acompanhada por mudanças no comportamento das propriedades químicas do solo e nos processos que afetam a sua fertilidade, enquanto as diferenças fundamentais observadas, ambas qualitativas e quantitativas, no

Quadro 5. Agrupamento das áreas de cultivo de algodão do município de Tauá-CE, pelo método de otimização de Tocher com base na distância euclidiana média, utilizando propriedades físicas e químicas, em conjunto ou separadas, nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–30 cm

Profundidade	Grupo	Propriedade		
		Química	Física	Química + física
0–10	1	3, 4, 6, 7, 8, 9, 5, 2	2, 8, 3, 5, 4, 6, 7	4, 7, 6, 8, 2, 3, 5, 9
	2	1	1	1
	3		9	
10–20	1	3, 5, 9, 6, 4	6, 7, 4, 2, 8, 1, 5, 3	3, 5
	2	7, 8	9	4, 9
	3	2		6, 7
	4	1		2, 8
	5			1
20–30	1	4, 9, 6, 3, 7	6, 7, 2, 4, 8, 1, 3	4, 6, 3, 9
	2	5, 8, 1	5	1, 8
	3	2	9	5
	4			7
	5			2
0–10 + 10–20 + 20–30	1	3, 6, 4, 9, 7, 5	2, 8, 4, 7, 6	4, 6, 7, 8, 3
	2	2, 8	3, 5	1, 5
	3	1	1	2
	4		9	9

fluxo e na distribuição dos nutrientes dependem do uso de plantas de cobertura e da aplicação de compostos e de esterco animal.

No quadro 6 é apresentada a estimativa dos autovalores (λ_i) e da percentagem de contribuição (% λ) obtida da análise dos componentes principais. Observa-se que, na grande maioria dos conjuntos de propriedades, os dois primeiros componentes principais explicam ≈ 70 % da variação total. A partir do terceiro componente principal, a variação total foi superior a 80 %; dessa forma, considerou-se até o terceiro componente para os conjuntos de propriedades estudados. A viabilidade de utilização dos componentes principais nesse tipo de estudo dependerá da possibilidade de resumir o conjunto de propriedades em poucos componentes, o que significa ter boa aproximação do comportamento dos indivíduos, oriundo de um espaço n-dimensional em um espaço bi ou tridimensional (Cruz & Regazzi, 1994).

Os resultados da técnica de componentes principais não foram semelhantes aos obtidos pela análise de agrupamento. Todavia, as dispersões gráficas feitas para os diferentes grupos de propriedades e camadas evidenciam que as áreas conduzidas 1, 3 e 5 ocorrem de forma isolada ou em conjuntos, destacando o caráter

diferencial delas. Comportamento semelhante também foi identificado em áreas tipicamente convencionais, 7, 8 e 9, enquanto as demais (2, 4 e 6) não apresentam comportamento-padrão, ora próximo, ora distante, dos grupos ou indivíduos típicos do cultivo orgânico ou convencional. Esses resultados parecem expressar de forma coerente as influências dos sistemas de cultivo orgânico e convencional.

Na figura 1 são apresentadas as dispersões realizadas para alguns dos componentes principais, priorizando os conjuntos mais completos e as camadas mais superficiais. Os dados mostram que as áreas 3 e 5 estavam sempre próximas e agrupadas em conjunto (Figura 1a, b, c). Desse modo, pode-se inferir que elas apresentaram comportamento que reflete o cultivo orgânico, quando comparadas às demais, evidenciando que outros fatores, além do tempo, podem estar influenciando as áreas cultivadas com algodão orgânico, como, por exemplo, os tratamentos culturais. A área sob cultivo orgânico 1 apresentou-se sempre de forma isolada nas diferentes profundidades, mostrando, mais uma vez, que a evolução dos sistemas orgânicos ocorria de forma diferenciada mesmo em áreas com características físicas e químicas originalmente semelhantes. De acordo com Lima (2001), as áreas 1, 2 e 5 mostraram melhoria nas propriedades químicas

Quadro 6. Estimativa dos autovalores (λ_i) e da percentagem de contribuição ($\% \lambda_i$), obtidos da análise de componentes principais, aplicada às áreas de cultivo com algodão em bases orgânicas e convencionais no município de Tauá-CE, utilizando-se propriedades físicas e químicas, em conjunto ou separadas, nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–30 cm

Profundidade	Componente principal	Propriedade					
		Química		Física		Química + física	
		λ_i	$\% \lambda_i$	λ_i	$\% \lambda_i$	λ_i	$\% \lambda_i$
cm							
0–10	1	8,32	55,45	4,83	40,24	11,12	41,19
	2	2,70	73,45	3,02	65,38	4,77	58,85
	3	1,56	83,83	2,52	86,34	4,41	75,17
	4	1,20	91,81	0,70	92,18	2,96	86,13
	5	0,62	95,94	0,58	96,98	1,68	92,36
10–20	1	6,54	43,58	2,92	48,74	7,86	37,43
	2	4,07	70,70	2,10	83,73	5,42	63,25
	3	1,63	81,56	0,87	98,22	2,86	76,87
	4	1,21	89,63	0,10	99,92	1,87	85,78
	5	1,11	97,03	0,03	99,97	1,28	91,86
20–30	1	7,23	48,18	2,67	44,56	8,69	41,38
	2	3,64	72,42	35,49	80,05	5,37	66,94
	3	2,16	86,84	0,98	96,38	3,02	81,31
	4	0,97	93,28	0,20	99,64	1,75	89,65
	5	0,51	96,68	0,02	99,99	1,10	94,91
0–10 + 10–20 + 20–30	1	19,14	42,51	9,79	40,77	24,12	34,95
	2	10,99	66,95	7,14	70,50	15,77	57,80
	3	4,60	77,18	3,13	83,54	11,26	74,12
	4	4,13	86,35	1,93	91,60	5,77	82,48
	5	2,27	91,39	0,97	95,62	5,06	89,81

do solo entre os anos de 1998 e 2000, tendo o inverso ocorrido com as áreas 4 e 6, o que foi evidenciado pelo agrupamento (ou proximidade) dessas áreas com outras de manejo convencional (Figura 1a, b, c).

Os estudos de diversidade por meio de técnicas de agrupamentos foram complementados com a utilização de análise discriminante, visando avaliar a adequação de partição dos elementos agrupados proposta pelos métodos anteriores (Cruz & Regazzi, 1994), tornando mais evidente, assim, a classificação das diferentes áreas estudadas. Com esse objetivo, utilizou-se a técnica proposta por Anderson (1958), na qual, pressupondo uma otimização da classificação, quando se considerou simultaneamente um conjunto de propriedades tomado em cada área coletada, foram estabelecidas funções discriminantes a partir do

conhecimento prévio dos elementos que pertenciam a cada uma das áreas estudadas, utilizando propriedades químicas e físicas, nas diferentes camadas, em conjunto ou de forma isolada.

As funções discriminantes das duas condições de manejo, por conjunto de propriedades e profundidade, são uma combinação linear de alguns elementos estudados, sendo as diferentes áreas classificadas como orgânicas ou convencionais, conforme o maior valor obtido pela substituição dos valores das diferentes propriedades analisadas e que compõem as funções. Entretanto, na observação das funções discriminantes, algumas propriedades foram eliminadas por haver dependência linear entre propriedades que proporcionam uma matriz de covariância singular. Como o processo de obtenção das funções discriminantes de-

pende do inverso da matriz de covariância, a não-singularidade é indispensável; portanto, a eliminação de algumas propriedades foi a alternativa que permitiu contornar o problema matemático exposto. No caso do

conjunto de propriedades químicas e físicas e nas três profundidades avaliadas, o teste de multicolinearidade realizado inviabilizou o uso desse conjunto na aplicação da análise discriminante de Anderson.

A classificação das áreas estudadas quanto ao manejo orgânico (O) ou convencional (C), por conjunto de propriedades e profundidades analisadas, é apresentada no quadro 7, bem como a classificação geral, coincidente nas várias situações testadas como uma proposta de classificação para as áreas estudadas. Da mesma forma, como observado nas outras técnicas testadas, não se constatou concordância entre as classificações obtidas, com variações entre conjuntos de propriedades e profundidades. Essas diferenças não acontecem somente para aquelas situações em que o histórico de uso da área e as características de manejo levam à confirmação do caráter orgânico de manejo dessas áreas. Esse é o caso da área 1, que, nas técnicas anteriores, se apresentou isolada em grupo específico, porém sem discriminação de caráter do manejo típico, agora definido como convencional na classificação geral realizada a partir da maioria de um manejo específico. Deve-se ponderar para esse caso específico: se se considerar somente a camada de solo mais superficial (0–10 cm), qualquer que seja o conjunto de propriedades adotado, essa área passa a ser orgânica. É nas camadas mais superficiais que se esperam os reflexos do manejo adotado em cada área. As áreas 2, 3, 5 e 6 são bastante distintas nas técnicas anteriores, entretanto foram todas classificadas como orgânicas, o que é coerente com o seu histórico de adoção das recomendações para instalação do cultivo orgânico.

As áreas 1 e 4 foram discriminadas como convencionais, ou seja, o manejo orgânico que vem sendo adotado não propiciou, ainda, condições para sua diferenciação. Esse quadro, de certa forma, era esperado, pois algumas dessas áreas, apesar de estarem sendo conduzidas em bases orgânicas, não apresentam tempo de uso suficiente para real incorporação dos benefícios da adoção das técnicas previstas.

Poucos trabalhos existem na literatura referentes aos procedimentos adotados no presente estudo, principalmente quanto ao uso de técnicas multivariadas, o que leva a crer que o seu potencial de aplicação seja elevado. Moura (1985) e Li et al. (1992) usaram análises de agrupamento e discriminante em estudos semelhantes, porém adotando técnicas diferenciadas das aqui utilizadas, e obtiveram resultados que atenderam aos objetivos propostos, só que a partir de uma base de dados bastante superior à disponível para o trabalho em questão. Oliveira et al. (1999), contudo, utilizaram técnicas semelhantes e identificaram a aplicação desses estudos ligados à definição da influência dos teores de metais pesados em solos originários de diferentes materiais.

Apesar da não-concordância entre as técnicas multivariadas utilizadas, constata-se que o uso de mais de um conjunto de propriedades contribui para uma

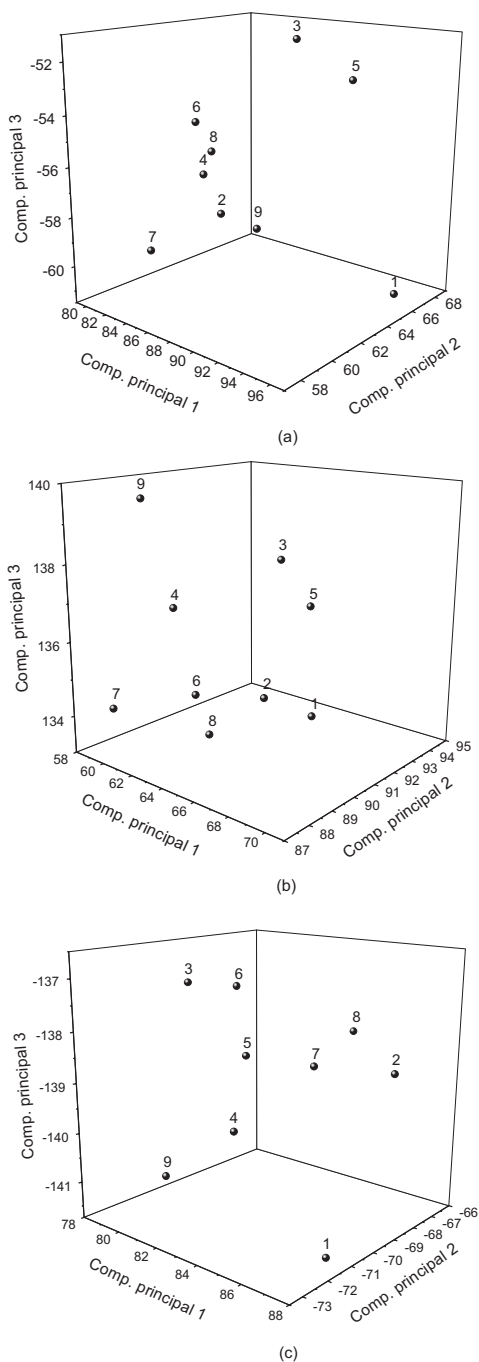


Figura 1. Dispersão das nove áreas de agricultores de cultivo de algodão do município de Tauá-CE: (a) grupo de propriedades químicas e físicas nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–30 cm; (b) grupo de propriedades químicas e físicas nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm; e (c) grupo de propriedades químicas e físicas na profundidade de 10–20 cm.

Quadro 7. Classificação individual e geral das nove áreas de cultivo orgânico e convencional do município de Tauá-CE por conjunto de propriedades químicas e físicas, nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–30 cm, em conjunto ou separadas

Profundidade	Grupo de propriedade	Sistema de cultivo								
		Orgânico (O)						Convencional (C)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
cm										
0–10	Químicas	O	O	C	C	O	C	C	C	C
	Físicas	O	O	O	C	O	C	C	C	C
	Químicas + físicas	O	O	C	C	O	O	C	C	C
10–20	Químicas	O	O	O	C	O	C	C	C	C
	Físicas	C	O	O	C	O	O	O	C	C
	Químicas + físicas	C	O	O	C	O	C	C	C	C
20–30	Químicas	C	O	O	C	O	C	C	C	C
	Físicas	C	O	O	O	O	C	C	C	C
	Químicas + físicas	C	O	O	O	O	O	O	C	C
0–10 + 10–20 + 20–30	Químicas	C	O	C	C	O	O	O	C	C
	Físicas	O	O	O	C	O	O	C	C	C
	Químicas + físicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classificação geral		C	O	O	C	O	O	C	C	C

discriminação mais segura. Apesar da variabilidade espacial do solo existente entre as áreas estudadas, os sistemas de cultivo orgânico ou convencional condicionam alterações que as discriminam, uma vez que a diferenciação ocorre com uma lógica que se repete e está associada à realidade de uso dessas áreas. Outro fato a destacar refere-se ao uso de um único conjunto de dados, o que pode levar a conclusões errôneas. A simples junção de conjuntos de propriedades permitiu a obtenção de resultados distintos, porém convergentes quanto aos resultados obtidos, permitindo maior segurança no que se refere às afirmações possíveis de serem feitas.

Fauna edáfica

A figura 2 mostra a densidade de indivíduos encontrados no solo e na serapilheira das áreas cultivadas em bases orgânicas e convencionais. Observa-se que as áreas sob cultivo orgânico apresentaram número maior de indivíduos por m^3 de solo, sendo: área 3 ($40.250 \text{ ind } m^{-3}$) > área 5 ($38.750 \text{ ind } m^{-3}$) > área 1 ($10.750 \text{ ind } m^{-3}$) > área 4 ($10.500 \text{ ind } m^{-3}$) > área 2 ($4.500 \text{ ind } m^{-3}$) > área 6 ($4.000 \text{ ind } m^{-3}$), considerando as três profundidades estudadas. O número de indivíduos encontrados nas áreas em bases orgânicas foi bem superior ao do cultivo convencional, onde

foram encontrados 2.500, 1.250 e 1.500 indivíduos por m^3 de solo, nas áreas 7, 8 e 9, respectivamente (Figura 2a). Esses dados estão de acordo com observações feitas por Aquino et al. (2000).

Nas áreas sob cultivo orgânico, cerca de 80 % de toda a fauna ocorreu na camada superficial (0–10 cm), possivelmente em decorrência das melhores condições de aeração e disponibilidade de alimento. Dentre as áreas de cultivo orgânico, destacaram-se a 3 e a 5. Percebe-se possível correlação entre a área que apresentou o maior número de indivíduos (área 5) e o tempo em que vem sendo cultivada em bases orgânicas. Nas áreas convencionais, foi encontrado pequeno número de indivíduos, que se fizeram mais presentes na camada intermediária do solo (10–20 cm) (Figura 2a), podendo isso estar associado ao uso superficial de produtos químicos, entre outros inseticidas (Quadro 1).

Na serapilheira (Figura 2b) não foi observado o mesmo comportamento do solo. Deve-se ressaltar que a área orgânica com maior número de invertebrados foi a 5, seguida das áreas 1, 4, 2, 3 e 6. A área 5 vem sendo cultivada em bases orgânicas desde 1997, o que pode ser indicativo das condições favoráveis desse sistema à maior diversidade de invertebrados. Comparando as três primeiras áreas orgânicas com

as três áreas convencionais, em média, o número de indivíduos na serapilheira das áreas orgânicas foi bem superior ao das áreas convencionais, conseqüência da maior quantidade de cobertura vegetal encontrada nas primeiras. Entretanto, essa diferença foi pequena quando se refere à densidade de indivíduos encontrados na área 9 (Figura 2b), já que ela permaneceu em pousio durante 12 anos.

Tanto na área com sistema de cultivo orgânico quanto na convencional, praticamente metade da comunidade encontrada foi de indivíduos na forma jovem (larvas) (69.250 ind m⁻³), evidenciando o crescente aumento da fauna nesses solos. No sistema de cultivo orgânico, as ordens de indivíduos adultos que apresentaram maior densidade, em ordem decrescente, foram: Hymenoptera (11.000 ind m⁻³), Isoptera (9.500 ind m⁻³), Anelídeo (8.750 ind m⁻³) e Coleópteros (6.750 ind m⁻³). No sistema convencional, a ordem de indivíduos adultos com maior densidade foi a de Coleópteros (1.500 ind m⁻³), seguido por Hymenoptera (500 ind m⁻³) e Isoptera (250 ind m⁻³) (Figura 3a).

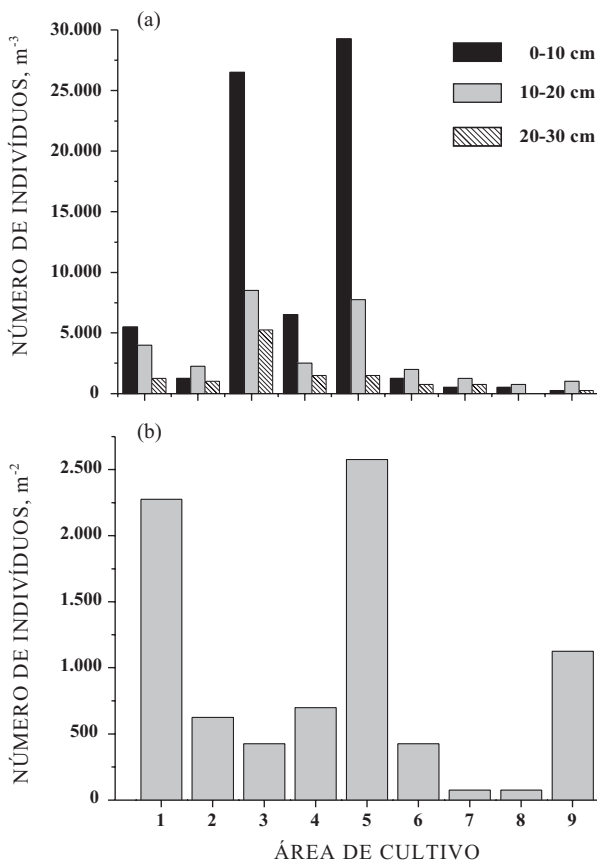


Figura 2. Densidade da comunidade de macro e mesofauna do solo em diferentes profundidades (a) e na serapilheira (b) das áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional, no município de Tauá-CE.

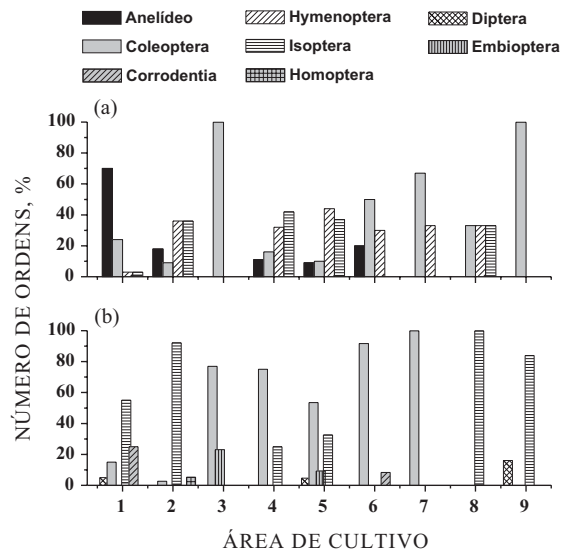


Figura 3. Percentagem relativa das principais ordens da comunidade de macro e mesofauna no solo (a) e na serapilheira (b) das áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional, no município de Tauá-CE.

Observa-se que a maior concentração de cupins (Isoptera), formigas (Hymenoptera) e Anelídeos foi encontrada nas áreas orgânicas (Figura 3a). Mais de 50 % dos Anelídeos foram encontrados na área 1 e, aproximadamente, 10 % nas áreas 2 e 6. Já na área 3, foram detectadas apenas larvas e Coleópteros adultos. No que diz respeito à gênese do solo, a ordem Anelídea é a principal responsável pela formação da estrutura do solo, sendo esses indivíduos, também, os responsáveis pela transferência de material orgânico da superfície para o interior do solo (Blanchart et al., 2004). As áreas convencionais apresentaram predominância de larvas e Coleópteros adultos, os quais, em sua maioria, se referem ao bicudo (*Anthonomus grandis Boheman*), principal praga do algodoeiro, e as larvas, possivelmente, ao curuquerê (*Alabama argillacea*). Nas áreas orgânicas, esse número foi menor graças à catação dos botões florais e ao controle biológico do curuquerê, por meio de liberações inundativas da microvespa (*Trichogramma sp.*).

Nota-se, nas áreas que apresentaram o maior número de indivíduos na serapilheira, também maior diversidade quanto ao número de ordens encontradas (Figura 3b). A importância da macro e mesofauna na serapilheira advém do fato de tais indivíduos influenciarem os processos do solo, por meio da escavação e, ou, ingestão e transporte do material mineral e orgânico do solo. A percentagem relativa de ordens encontradas na serapilheira diferiu entre as áreas com cultivo orgânico e convencional. Observa-se que as áreas orgânicas apresentaram maior diversidade de indivíduos (Figura 3b).

A maior abundância de indivíduos foi encontrada nas áreas orgânicas (Figura 3b), confirmando os dados

apresentados por Lima et al. (1997), que mostraram diversidade biótica expressiva tanto no solo como na serapilheira. Esse fato é de extrema importância para que seja estabelecido equilíbrio nesse ecossistema, já que a produção orgânica de algodão esbarra em alguns problemas, como o controle biológico de suas pragas. Dados publicados por Swezey et al. (1999) mostram a abundância e o benefício de insetos predadores em áreas de cultivo orgânico, quando comparados aos de áreas convencionais.

Conforme estudos de Lima et al. (1997), as áreas orgânicas apresentavam expressiva diversidade biótica tanto no que se refere às plantas cultivadas como às nativas e à fauna benéfica, esta última estimulada pela total ausência de agrotóxicos, sendo constatada presença abundante de organismos pertencentes à macro e mesofauna do solo. Barros et al. (2002) mostraram que os macroinvertebrados (macrofauna) foram indicadores sensíveis ao uso e manejo dos solos, corroborando os resultados encontrados.

Os dados apresentados evidenciam que a maior percentagem de indivíduos encontrados era pertencente à macrofauna do solo (> 10 mm). O menor percentual da mesofauna deveu-se, possivelmente, à dificuldade de coleta desses indivíduos (0,2–10 mm) pelo método empregado.

CONCLUSÕES

1. Os indicadores físicos e químicos testados individualmente não foram sensíveis para diferenciar as áreas sob sistema de cultivo orgânico daquelas sob cultivo convencional.

2. A aplicação de técnicas de análise multivariada – no caso, componentes principais e a discriminante de Anderson –, assim como o uso conjunto de propriedades, permitiram a distinção entre algumas áreas cultivadas sob cultivo orgânico comparativamente às convencionais, até mesmo as que estavam em transição.

3. Dos indicadores biológicos, a fauna edáfica mostrou-se mais precisa na avaliação da qualidade do solo, distinguindo de forma satisfatória as áreas sob sistema de cultivo orgânico das que estavam sob sistema convencional.

AGRADECIMENTOS

Aos agricultores proprietários das áreas sob cultivo orgânico: José Eduardo Sobrinho (área 1), João Alves (área 2), Raimundo Valentim (área 3), José Veloso (área 4), José Martins (área 5) e Antônio Júlio F. de Sousa (área 6), assim como das áreas sob cultivo convencional: Antônio Pereira (área 7), Raimundo Rufino (área 8) e Anilson Caracas (área 9), por permitirem o desenvolvimento deste trabalho em suas

terras. Ao ESPLAR, em especial à sua equipe em Tauá-CE, por ocasião da realização deste trabalho: Adervan Fernandes Sousa, Artú Adriano Fernandes de Sousa, Sílvia Bezerra de Góes, José Rogaciano Siqueira de Oliveira e Antônio Clarindo Gonçalves Neto. Estas pessoas, sob orientação de Maria Matutina de Oliveira, auxiliaram na coleta de amostras e identificação dos invertebrados, viabilizando este trabalho.

LITERATURA CITADA

- ALTIERI, M. Agroecologia: Bases científicas para a agricultura sustentável. Guaíba, Agropecuária, 2002. 592p.
- ANDERSON, J.M. & INGRAM, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2.ed. Wallingford, CAB International, 1996. 171p.
- ANDERSON, T.W. An introduction to multivariate statistical analysis. New York, John Wiley, 1958. 374p.
- AQUINO, A.M.; RICCI, M.S. & PINHEIRO, A.S.P. Avaliação da macrofauna do solo em café orgânico e convencional utilizando um método modificado do TSBF. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. Anais. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R. & LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazônia. *Biol. Fert. Soils*, 35:338-347, 2002.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, 1986. p.363-375.
- BLANCHART, E.; ALBRECHT, A.; BROWN, G.; DECAENS, T.; DUBOISSET, A.; LAVELLE, P.; MARIANI, L. & ROOSE, E. Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 104:303-315, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório Reconhecimento de Solos do Ceará, 1. Recife, 1973. (MA, Boletim Técnico, 28, Série Pedologia, 16).
- CLARK, M.S.; HORWATH, W.R.; SHENNAN, C. & SCOW, K.M. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agron. J.*, 90:662-667, 1998.
- CRUZ, C.D. Software aplicado à área de genética quantitativa e estatística experimental (Programa GENES). Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1991. 17p.
- CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 390p.

- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Sci. Soc. Am., 35:3-21, 1994.
- DORAN, J.W.; VARVEL, G.E. & CULLEY, J.B.L. Tillage and residue management effects on soil quality and sustainable land management. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT. Lethbridge, 1993. p.15-24.
- DRINKWATER, L.E.; LETOURNEAU, D.K.; WORKNEH, F.; van BRUGGEN, A.H.C. & SHENNAN, C. Fundamental difference between conventional and organic tomato agroecosystems in California. Ecol. Appl., 5:1098-1112, 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos e análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documento,1)
- EUCLYDES, R.F. Sistema para Análise Estatísticas e Genéticas - SAEG. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1983. 74p.
- GOSLING, P. & SHEPHERD, M. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. Agric. Ecosyst. Environ., 105:425-432, 2005.
- LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. Defining soil quality for the sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.37-51. (Publication Special, 35)
- LI, G.C.; MAHLER, R.L. & EVERSON, D.O. Micronutrients in the Kootenai River Valley of Northern Idaho. II. Use of cluster and discriminant analyses to evaluate soil micronutrient status. Comm. Soil Sci. Plant. Anal., 23:1179-1194, 1992.
- LIEBIG, M.A. & DORAN, J.W. Impact of organic production practices on soil quality indicators. J. Environ. Qual., 28:1601-1609, 1999.
- LIMA, H.V. Influência dos sistemas de cultivo orgânico e convencional de algodão sobre a qualidade do solo no município de Tauá – CE. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2001. 64p. (Tese de Mestrado)
- LIMA, P.J.B.F.; OLIVEIRA, T.S. & ARAÚJO, L.H. P&D de propostas agroecológicas para o algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), com agricultores familiares do semi-árido cearense – resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1., Fortaleza, 1997. Anais. Campina Grande, Embrapa-CNPA, 1997. p.8-11.
- MARINARI, S.; MANCINELLI, R.; CAMPIGLIA, E. & GREGO, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. Ecol. Indicators, 6:701-711, 2006.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo – sistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.2-8.
- MOURA, C.A.V. Aplicação de tratamento estatístico multivariante em dados geoquímicos de solo no mapeamento geológico na província de Carajás (alvo 2 - corpo 4). R. Bras. Geoc., 15:241-248, 1985.
- OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; CRUZ, C.D. & HORN, A.H. Metais pesados como indicadores de materiais de origem em uma topotosequência do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais. Pesq. Agropec. Bras., 34:1451-1465, 1999.
- PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; TEIXEIRA, C.F.A.; GOMES, A.S. & SILVA, J.B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. R. Bras. Ci. Solo, 23:189-195, 1999.
- PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. Philos. Mag., Seção A, 2:559-572, 1901.
- RAO, R.C. Advanced statistical methods in biometric research. New York, John Wiley & Sons, 1952. 390p.
- SALASSIER, B. Manual de irrigação. 6.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA - SSSA. Statement on soil quality. Madison, Agronomy News, 1995. 200p.
- SOUZA, J.L. A fertilidade de solos sob manejo orgânico. B. Inf. SBCS, 25:14-16, 2000.
- SWEZEY, S.L.; GOLDMAN, P.; JERGENS, R. & VARGAS, R. Preliminary studies show yield and quality potential of organic cotton. Calif. Agric., 53:9-16, 1999.
- WERNER, M.W. Soil quality characteristics during conversion to organic orchard management. Appl. Soil Ecol., 5:151-167, 1997.