

# **INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE ALGODÃO SOBRE A QUALIDADE DO SOLO NO MUNICÍPIO DE TAUÁ - CE**

HERDJANIA VERAS DE LIMA

FORTALEZA – CEARÁ

2001

**INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE CULTIVO  
ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE ALGODÃO SOBRE A  
QUALIDADE DO SOLO NO MUNICÍPIO DE TAUÁ - CE**

HERDJANIA VERAS DE LIMA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM  
SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS COMO REQUISITO PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA – CEARÁ

2001

## FICHA CATALOGRÁFICA

L698s Lima, Herdjanía Veras de

2001

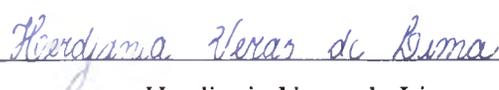
Influência dos sistemas de cultivo orgânico e convencional de algodão sobre a qualidade do solo no município de Tauá – CE / Herdjanía Veras de Lima – Fortaleza : UFC / Departamento de Ciências do Solo, 2001. 53p.

1. Agricultura familiar. 2. Agroecologia. 3. Agricultura orgânica. I. Título.

CDD 631.8

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciência e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

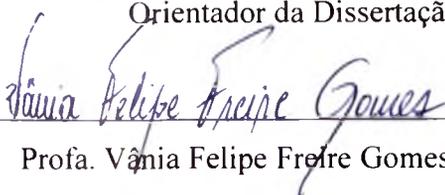


Herdjanira Veras de Lima

Dissertação aprovada em: 02 / 02 / 2001



Prof. Teógenes Senna de Oliveira, D.Sc.  
Orientador da Dissertação



Prof. Vânia Felipe Freire Gomes, Doutora



Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda, D.Sc.



Prof. Lindbergue Araújo Crisóstomo – Ph.D.  
CNPAT - EMBRAPA

Aos meus pais

**Edval e Avani**

E aos meus irmãos

**Herdnan e Jânio**

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A **Deus** o dom da vida, o conhecimento, e a força para superar os obstáculos tornando tudo possível.

Aos meus **avós, tios e primos**.

Ao Professor **Teógenes Senna de Oliveira**, os ensinamentos, o apoio, a compreensão nos momentos de dificuldade e a orientação deste trabalho.

Aos Professores **Vânia Felipe Freire Gomes, Claudivan Feitosa de Lacerda e Lindbergue Araújo Crisóstomo**, as sugestões e correções deste trabalho.

À **Universidade Federal do Ceará** e, em especial, ao Departamento de **Ciência de Solo**, o acolhimento, oportunidade e concretização do título de Mestre em Agronomia.

Ao **ESPLAR** a disponibilidade, a cooperação e a ajuda em todas as etapas deste trabalho, em especial a **Pedro Jorge**.

A todos os agricultores de Tauá, que gentilmente disponibilizaram suas áreas para a realização deste trabalho.

Ao Professor **Eduardo Sá Mendonça**, por dispor do Laboratório de Matéria Orgânica da UFV para a realização de algumas determinações químicas.

A **Gianne Nunes Martins** o apoio emocional durante o decorrer do curso.

A **Analice e Nilda** a amizade sincera.

Aos colegas **Guilherme, Uberlando, Melchior, Aurélio e José Roberto** o companheirismo e a amizade.

Aos amigos conquistados **Mayra, Eduardo, Tânia, Simone, Carol, Adna, Daniel, Luís Gonzaga, Jô, Anicete, Ubirajara, Roseli, Meire**.

A todos os funcionários do Departamento de Ciências do Solo da UFC.

*A todos muito obrigada.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE QUADROS.....	iv
RESUMO.....	v
SUMMARY.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Qualidade e Sustentabilidade de um Ecossistema.....	3
2.2. Qualidade do Solo.....	5
2.3. Biologia e Qualidade do solo.....	6
2.4. O Algodão no Nordeste Brasileiro.....	9
2.5. A Proposta Agroecológica em Tauá-CE.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Área de Estudo.....	13
3.2. Seleção das Áreas.....	16
3.3. Coleta das Amostras.....	17
3.4. Meio Físico Local.....	18
3.5. Análises Físicas.....	18
3.6. Análises Químicas.....	18
3.7. Análises Biológicas.....	19
3.8. Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1. Caracterização do Meio Físico.....	20
4.2. Análises Físicas.....	22
4.3. Análises Químicas.....	25
4.4. Evolução das Áreas com Cultivo Orgânico.....	31
4.5. Macro e Mesofauna do Solo.....	40
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	47

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Teores de carbono do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.....33
- Figura 2. Teores de fósforo do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.....35
- Figura 3. Teores de soma de bases do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.....37
- Figura 4. Valores de pH do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.....38
- Figura 5. Valores da relação C/N do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.....40
- Figura 6. Densidades de macro e mesofauna do solo, em amostras coletadas nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional, por agricultores no município de Tauá – CE (abril de 2000). ....42
- Figura 7. Percentagem relativa das principais ordens da comunidade de macro e mesofauna do solo, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional no município de Tauá – CE (abril de 2000).....43
- Figura 8. Número de indivíduos da comunidade de macro e mesofauna encontrados na serapilheira, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional, por agricultores no município de Tauá – CE (abril de 2000). ....44
- Figura 9. Percentagem relativa das principais ordens da comunidade de macro e mesofauna encontrada na serapilheira, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional no município de Tauá – CE (abril de 2000). ....45

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1. Equivalência das classes de solo do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (BRASIL, 1973) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999a).....15
- Quadro 2. Localização, tipo de cultivo e posição geográfica das áreas com cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE .....16
- Quadro 3. Descrição das áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Tauá - CE.....17
- Quadro 4. Caracterização do meio físico nas áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE .....21
- Quadro 5. Análises físicas de amostras de solo coletadas em áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE .....23
- Quadro 6. Propriedades químicas do solo em áreas de cultivo orgânico e convencional coletadas no município de Tauá – CE, nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.....26
- Quadro 7. Propriedades químicas do solo em áreas de cultivo orgânico e convencional coletadas no município de Tauá – CE, nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.....30

## RESUMO

LIMA, Herdjania Veras. Influência dos sistemas de cultivo orgânico e convencional de algodão sobre a qualidade do solo no município de Tauá – CE, 2001. 53 p. (Dissertação de Mestrado). Mestre em Agronomia. Área de concentração: Manejo e Conservação do Solo. UFC, Fortaleza – CE.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades e/ou características físicas, químicas e biológicas, de solos cultivados com algodão por agricultores do município de Tauá - CE, para testar a hipótese de que o sistema de cultivo do algodão em bases orgânicas, proporciona uma melhor qualidade do solo que o cultivo convencional de algodão. Para tanto, foram selecionadas seis áreas de plantio em bases orgânicas e três áreas de plantio convencional, levando-se em consideração o tipo de solo e a topografia. Em cada uma das áreas escolhidas, foram estabelecidas três subparcelas representativas dos consórcios adotados, com aproximadamente 100 m<sup>2</sup> cada uma, as quais serviram como repetições dentro de cada área. Como indicadores da qualidade do solo, foram analisadas propriedades e/ou características físicas, químicas e biológicas. O experimento foi desenvolvido utilizando-se um delineamento em blocos ao acaso. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, tendo sido realizada a comparação das médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os aspectos físicos das áreas convencionais apresentaram diminuição na porcentagem de agregados e na porosidade do solo, com relação as orgânicas. Comparando-se as diferentes áreas de cultivo, observou-se que, as áreas orgânicas 1, 2 e 5, apresentaram níveis de nutrientes no solo superiores às áreas de cultivo convencionais (7, 8 e 9), e às demais

orgânicas (3, 4 e 6). O sistema de cultivo orgânico, durante os anos de 1997 a 2000, promoveu melhorias nas propriedades químicas analisadas, principalmente nas áreas em que o sistema de cultivo orgânico foi implantado há mais tempo, e naquelas onde foram feitas aplicações de esterco animal. Foram obtidos aumentos nos teores de carbono orgânico, fósforo, soma de bases e diminuição na relação C/N. As condições do ambiente-solo no sistema orgânico favoreceram a macro e mesofauna do solo, promovendo maior diversidade de indivíduos nas áreas orgânicas do que nas convencionais. Este estudo concluiu que as áreas de produção orgânica têm maior capacidade de promover a qualidade do solo, comparadas com as áreas de produção convencional, devido principalmente, ao uso de rotação de culturas, à aplicação de fertilizantes orgânicos e ao menor revolvimento do solo, promovendo assim, o aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo.

## SUMMARY

**LIMA, Herdjania Veras.** Influence of conventional and organic cultivation systems of cotton in the quality of soil in Tauá City, State of Ceará, Brazil, 2001. 53 p. (MSc. Dissertation). Master in Agriculture. Major Area: Soil Management and Conservation. UFC, Fortaleza-CE.

This work aimed at evaluating physical, chemical and biological soil properties/characteristics under cotton cultivation at Tauá-CE to test the hypothesis that organically managed cotton provides a better soil quality than conventionally managed cotton. We then selected six organically managed areas and three conventionally managed areas, with similar soils and topography. In each of the chosen areas, we set three sub-plots with the adopted multicrops, approximately 100 m<sup>2</sup> each sub-plot, which served as replications in each area. Soil quality indicators analyzed were physical, chemical, and biological properties/characteristics. The experiment was developed in a randomized blocks design. Results were submitted to an analysis of variance, averages were then compared by Tukey's test, on a 5% probability level. Soil physical aspects under conventional management showed a decrease in aggregates percentage and porosity when compared to organic management. When we compared the different areas, we observed that organic areas 1, 2 and 5 showed higher nutrient levels than conventional areas (7, 8, and 9) and the other organic areas (3, 4, and 6). Organic management system, from 1997 to 2000, improved chemical properties analyzed, especially where the system has been

established for a longer time and where manure has been applied. Organic carbon, P and bases sum were increased and C/N ratio decreased. The conditions of the soil environment under organic management favored soil macro and mesofauna, promoting a greater diversity under organic than under conventional management system. This survey has concluded that organically managed areas showed greater ability to improve soil quality as compared to conventional management, especially due to crop rotation, organic fertilizers application and less soil movement, allowing an increase in soil organic matter content.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de cultivo do algodoeiro, em especial do algodão arbóreo, originário do Seridó Norte Rio Grandense, experimentam desde o início dos anos 80, a mais séria crise da sua história, com fortes repercussões sobre a economia nordestina, em especial na região semi-árida. Isso se deu por ocasião da disseminação do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman), uma das mais importantes pragas do algodoeiro, que apesar de não ter sido o principal, nem o único determinante da crise, inviabilizou quase por completo, a exploração dos sistemas produtivos do algodoeiro arbóreo. Essa crise atingiu de forma diferenciada os vários setores envolvidos e penalizou, sobretudo, a agricultura familiar.

A solução encontrada pelos cientistas para o combate ao bicudo contemplava um conjunto de medidas, as quais incluíam o uso intenso de inseticidas químicos, o que acarreta problemas ao meio ambiente, contaminando lençóis freáticos e mananciais, prejudicando dessa forma a saúde do próprio homem. Em virtude desses problemas, alternativas que reduzam a utilização dos insumos químicos têm sido propostas. Dentre essas destaca-se o cultivo orgânico, ou seja, um sistema de produção que evita, ou exclui largamente, o uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas e reguladores de crescimento. Para que a produção orgânica seja considerada viável, faz-se necessário o uso de rotação de culturas, a incorporação de resíduos animais e vegetais, o controle biológico de pesticidas para o manejo de solo e para a produtividade da lavoura, o suprimento de nutrientes para as plantas, o controle de ervas daninhas e outras pestes.

A transição do cultivo convencional para o cultivo orgânico tem sido acompanhada por alguns estudiosos em outras regiões do mundo (Clark et al., 1998; Swezey et al., 1999). As mudanças podem ser percebidas através das propriedades químicas e físicas do solo. Constatam-se, ainda, diferenças quantitativas e qualitativas no fluxo de nutrientes do solo, após o uso de cobertura morta ou aplicações de composto, com total eliminação da aplicação de fertilizantes sintéticos e inseticidas.

Uma das primeiras tentativas para implantar a proposta da agricultura orgânica no nordeste do Brasil, deu-se no período de 1991-1996 em Tauá – CE. Agricultores do município juntamente com o ESPLAR - Centro de Pesquisa e Assessoria, tiveram como objetivo o manejo ecológico do algodoeiro arbóreo, visando a convivência produtiva com o bocado.

A partir do início do ano de 1998, o ESPLAR dispôs de elementos suficientes para a difusão dessa proposta agroecológica, contribuindo assim para a ampliação do número de interessados em produzir algodão em bases orgânicas no município de Tauá, com a participação de 78 agricultores até o final do ano de 1997, aumentando para 100 em dezembro de 1998. O crescente interesse deu-se, em parte, pelo sucesso obtido na comercialização do pequeno volume de algodão colhido em 1997 e 1998, o qual foi certificado como orgânico, recebendo preços 30% superiores aos do algodão cultivado em bases convencionais (ESPLAR, 1998).

O presente trabalho teve por objeto avaliar as propriedades e/ou características físicas, químicas e biológicas, em solos cultivados com algodão, por agricultores do município de Tauá-CE, visando testar a hipótese de que o sistema de cultivo do algodão em bases orgânicas, proporciona uma melhor qualidade do solo, quando comparado as áreas cultivadas em bases convencionais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Qualidade e Sustentabilidade de um Ecossistema**

Dois critérios básicos têm sido propostos, de acordo com Correia (1997), para que se considere como sustentável, a longo prazo, um sistema agrícola: 1. uma redução na utilização de recursos não renováveis; e 2. a proteção do ambiente. Além disso, há que se considerar o fator econômico, ou seja, a viabilidade de uma agricultura sustentável. De modo simplificado, pode-se dizer que um sistema sustentável deve igualar-se, o máximo possível, a um sistema natural, no qual a interferência humana seja a mínima necessária, facilitando a ocorrência de uma ciclagem de nutrientes, incluindo a água, e de mecanismos de regulação internos, tais como controle de pragas e ervas daninhas.

Avaliar se um sistema de produção é sustentável ou não, ou qual o grau de sustentabilidade desse sistema é algo extremamente complexo, já que envolve uma grande variedade de processos. Duas abordagens em relação a essa avaliação têm sido propostas: a primeira consiste no estabelecimento de um índice geral de qualidade do solo, incluindo fatores relativos à produtividade e às características físicas, químicas e biológicas do solo em questão (Doran & Parkin, 1994); a segunda abordagem consiste no isolamento de um processo que seja relevante para o sistema, passando a considerá-lo como indicador do comportamento do conjunto, em relação a impactos específicos (Correia, 1997).

O desenvolvimento de um índice de qualidade do solo foi estimulado pela percepção de que saúde e bem-estar estão associados à qualidade do solo

(Haberern, 1992). Porém, definir e avaliar a qualidade do solo, torna-se complicado, pela necessidade de serem consideradas as múltiplas funções do solo, mantendo a produtividade e o bem-estar ambiental (Papendick & Parr, 1992; Rodale Institute, 1991).

A maioria dos pesquisadores reconhece que manter a qualidade do solo deveria ser uma meta principal para uma sociedade sustentável. Porém, a estratégia de manter a qualidade e de concluir as metas de sustentabilidade é difícil pela necessidade da definição de qualidade do solo e dos seus indicadores, pelos quais a mesma pode ser medida claramente. A qualidade do solo está largamente definida através de parâmetros do solo, que representam uma combinação do meio físico, químico e biológico, proporcionando um crescimento médio para a planta e para a atividade biológica; regulando e dividindo o fluxo e armazenamento de água no solo e, servindo como um protetor ambiental na formação e destruição do meio ambiente (Larson & Pierce, 1994)

A qualidade do solo é pensada, freqüentemente, como uma característica abstrata que não pode ser definida porque depende de fatores externos como, uso do solo e práticas de administração do ecossistema, interações ambientais, prioridades sócio-econômicas e políticas, e assim por diante. Percepções do que constitui uma “terra boa” variam e dependem das prioridades individuais do solo e do uso planejado da terra. Porém, administrar e manter o solo em um estado aceitável para gerações futuras, deve ser definido pela qualidade do solo e, essa definição deve ser larga o bastante para cercar as múltiplas funções do solo (Karlen et al., 1997).

De acordo com Doran & Parkin (1994), perspectivas do uso da organização de comunidades do solo, como indicadora de modificações ambientais deve obedecer aos seguintes critérios: 1. estar associado aos grandes processos do ecossistema; 2. integrar propriedades físicas, químicas e biológicas; 3. ser acessível a muitos usuários e aplicável a condições de campo; 4. ser sensível a variações no manejo e no clima e, 5. quando possível, fazer parte de bancos de dados.

## 2.2. Qualidade do Solo

A definição mais detalhada da qualidade do solo foi proposta no ano de 1995 pela Soil Science Society of America (SSSA, 1995), a qual cita que: *“a qualidade do solo é a capacidade que o solo tem para especificar suas funções, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade da planta e animal, mantendo e aumentando a qualidade do ar e da água e suportando a habitação e a saúde humana”*. Esta definição é similar à proposta por Doran et al. (1996), na qual a qualidade do solo é a *“capacidade de funcionamento de um solo, dentro de um ecossistema e do limite de uso da terra, para sustentar a produtividade biológica, mantendo a qualidade do meio ambiente e promovendo a saúde das plantas, dos animais e do homem”*.

Com base nas definições anteriores, Santana & Bahia Filho (1999), definiram a qualidade do solo como *“a capacidade ou especificidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana”*. Ainda conforme os mesmos autores, a idéia de qualidade do ar ou da água, que tem padrões definidos, não é difícil de ser visualizada. Contudo, definir e, principalmente, qualificar e quantificar a qualidade do solo não é tarefa fácil. A dificuldade advém do fato de que a qualidade do solo depende de suas características intrínsecas, de interações do ecossistema, do uso e do manejo, e de propriedades sócio-econômicas e políticas.

O interesse pela qualidade do solo foi estimulado através de recente consciência de que o solo é vital na produção de alimentos e fibras, como também na sustentação do ecossistema global. A qualidade do solo pode ser definida amplamente como a capacidade que o solo vivo tem para funcionar, sustentar a planta e a produtividade animal, manter ou aumentar o volume de água e a qualidade do ar promovendo assim a saúde da planta e do animal, dentro de um meio natural ou dentro dos limites fixados pelo ecossistema (Doran et al., 1996).

A qualidade do solo pode mudar com o passar do tempo devido a eventos naturais ou ao uso humano. O solo é usado indevidamente de forma que as suas funções múltiplas, acabam sendo prejudicadas por decisões que só focalizam como

única função, a produtividade e a colheita. Critérios para indicadores de qualidade do solo relacionam principalmente à utilidade do mesmo, definindo ecossistema como a integração do meio físico, químico e biológico (Doran, 1997). Indicadores adicionais incluem o pH do solo, a capacidade de retenção de água, a densidade do solo e a capacidade de retenção de nutrientes. Porém, os efeitos específicos da lavoura, administração de resíduo, produtividade e qualidade ambiental, variam consideravelmente em relação ao clima, aos padrões de tempo sazonais, aos tipos de solo e às paisagens (Doran et al., 1993).

As populações humanas crescentes, os recursos decrescentes, a instabilidade social e econômica e a degradação ambiental causam ameaças sérias aos processos naturais que sustentam o ecossistema global e a vida na Terra. Deve-se considerar que toda prática agrícola é produto da interação entre o homem e a terra, e o estabelecimento agrícola, como unidade de análise, deve ser considerado não como uma unidade de gestão econômica e manipulação físico-química, mas sim como um ecossistema. Esse estabelecimento deve ser descrito como uma unidade ambiental que integra processos geológicos, físico-químicos e biológicos, através de fluxos e ciclos de matéria e energia, que ocorrem entre organismos vivos e entre estes e seu aporte ambiental (Navarro, 1994).

### **2.3. Biologia e Qualidade do solo**

O solo é um ambiente extremamente dinâmico, onde comunidades microbianas variadas interagem e sofrem a ação de fatores bióticos e abióticos. Entretanto, devido à grande importância dos microorganismos, em diversos processos fundamentais, como por exemplo: formação de húmus, ciclagem de nutrientes, entre outros, diversas metodologias vêm sendo utilizadas para estudar a diversidade de microorganismos do solo (Rosado, 1999). Portanto, proteger a diversidade da biomassa microbiana pode significar garantir o funcionamento e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

De acordo com Colozzi Filho (1999), os microorganismos do solo são importantes componentes da biosfera. Atuam como agentes transformadores no fluxo

de energia e da matéria orgânica, promovendo a reciclagem de nutrientes, com efeitos sobre outros componentes físico-químicos e biológicos da interface solo-planta, sobre a fertilidade dos solos e, conseqüentemente, sobre o funcionamento dos agroecossistemas. A mineralização de substratos orgânicos, e a liberação de nutrientes para a solução do solo, resultam da atividade heterotrófica de uma grande variedade de microorganismos, genericamente denominada de biomassa microbiana.

Conceitualmente a biomassa microbiana do solo corresponde à parte viva da matéria orgânica do solo, excluindo as raízes e os animais maiores que aproximadamente  $5000 \mu\text{m}^3$ . É composta por bactérias, fungos, actinomicetos, algas e protozoários, que convivem no solo, formando uma comunidade extremamente diversa em seus componentes e nas suas funções, além da alta complexidade nas suas relações. Os valores da biomassa, em solos cultivados com pastagem, apresentam-se intermediários quando comparados com a mata tropical e com lavouras cultivadas convencionalmente (Colozzi Filho, 1999).

As interações da comunidade bióticas com o solo têm um papel vital na produção e manutenção da qualidade do solo. Por isso, seus organismos representam um elemento-chave no desenvolvimento da agricultura sustentável. A matéria orgânica do solo entra nesse cenário como atributo de particular significância, principalmente como fonte básica de nutrientes para as plantas e, conseqüentemente, também como fonte de matéria, energia e abrigo para a biota do solo. O manejo orgânico, geralmente possibilita maior biomassa, abundância e número de espécies, comparado ao sistema convencional (Aquino, 1999).

Além da biomassa microbiana, pode-se destacar a ocorrência nos solos da meso e macrofauna. O tamanho desses invertebrados encontrados no solo define a extensão na qual a atividade dos mesmos (alimentação e escavação), pode modificar as propriedades do solo e influenciar nas práticas de manejo. Por exemplo, a mesofauna habita os espaços porosos do solo e não é capaz de criar sua própria galeria, assim, é particularmente afetada pela compactação do solo (Aquino, 1999). Já os componentes da macrofauna têm o corpo em tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo ao se alimentar, movimentar e construir galerias (Anderson, 1988). Dentre os componentes da macrofauna, as minhocas, formigas e cupins, são considerados como “engenheiros do ecossistema”,

influenciando os processos do solo através da escavação e/ou ingestão e transporte de material mineral e orgânico do solo. De acordo com Miklós (1995), as minhocas favorecem os processos de humificação contribuindo na fragmentação dos resíduos vegetais e na sua incorporação ao solo, sendo as mesmas, extremamente competentes na incorporação da serapilheira. Os cupins e as formigas modificam fisicamente o solo através da seleção, transporte e rearranjo de suas partículas (Aquino, 1999).

Segundo Gregorich et al. (1997), a fauna do solo compreende uma larga variedade de organismos que se agrupam de acordo com o seu tamanho, microfauna (< 100  $\mu\text{m}$  de largura; ex: protozoa e nematóides), mesofauna (100 a 2000  $\mu\text{m}$  de largura) e macrofauna (> 200  $\mu\text{m}$  de largura; ex: minhocas e formigas). Coletivamente esses organismos são os maiores determinantes dos processos que afetam a fertilidade e a estrutura dos solos, contribuindo para a sustentabilidade e para o poder de recuperação do solo, bem como, com a sua capacidade para suportar o crescimento das plantas.

A microfauna do solo compreende organismos existentes em filmes de água, nas partículas superficiais do solo, e, por causa do seu pequeno tamanho possuem habilidade limitada para modificar diretamente as estruturas do solo, afetando a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Ingram et al., 1985). Protozoas e certos nematóides de vida livre consomem bactérias e fungos do solo, dependendo da intensidade da sua alimentação, podem afetar significativamente o número de microorganismos da biomassa microbiana, afetando ainda a mineralização da matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes (Gregorich et al., 1997).

Os organismos que compõem a mesofauna do solo, tais como, collembolas e ácaros têm um papel importante na predominância de fungos e populações da microfauna no solo, como também ajudam na fragmentação de resíduos orgânicos, na porosidade e agregação do solo pela produção de dejetos fecais (Lee & Foster, 1991). A mesofauna é responsável pela decomposição parcial dos resíduos orgânicos depositados no solo, os quais sofrem posteriormente a ação decompositora dos microorganismos (Bayer & Mielniczuk, 1999).

A macrofauna influencia diretamente as propriedades do solo, redistribuindo os resíduos orgânicos no perfil do solo, e aumentando a disponibilidade de substratos

orgânicos para a atividade dos microorganismos. Certos grupos em particular, como as formigas e minhocas, podem modificar substancialmente a estrutura do solo pela formação de macroporos e agregados (Lee & Foster, 1991). Esses efeitos podem influenciar a taxa de infiltração de água no solo e a lixiviação de solutos (Fraser, 1994).

## 2.4. O Algodão no Nordeste Brasileiro

No nordeste brasileiro existe ampla documentação estabelecendo limites físicos para a exploração do algodoeiro arbóreo (*Gossypium hirsutum* L.r. marie galante Hutch.) e herbáceo (*G. hirsutum* L. r. latifolium Hutch.). No entanto, a inexistência de informações edafoclimáticas, sociais e de aptidões varietais precisas, têm impedido a utilização dessa cultura em áreas adequadas. Esse fato se acentuou com a introdução e o estabelecimento definitivo do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman), quando então os cultivos simultâneos desses algodoeiros se tornaram incompatíveis, devido principalmente, aos seus diferentes ciclos (EMBRAPA, 1981).

O algodoeiro (*Gossypium* sp.), como planta originária de regiões tropicais e subtropicais, apesar de apresentar metabolismo C<sub>3</sub>, é extremamente heliófilo, necessitando para produzir economicamente, de pouca ou nenhuma nebulosidade, isto é, dias bem ensolarados, especialmente na fase de maturação e abertura dos frutos. Além disso, essa cultura requer precipitação pluvial média acima de 450 mm, bem distribuída, e temperatura média do ar superior a 20 °C (EMBRAPA, 1981).

Tanto no caso do algodoeiro arbóreo quanto no herbáceo, para obtenção de produtividades elevadas, há necessidade de solos bem drenados, pois são plantas extremamente sensíveis à deficiência, mesmo que temporária, de oxigênio nas raízes. Os solos devem apresentar boa capacidade de retenção de água, porque essa malvácea é uma planta de elevada taxa de transpiração, chegando a utilizar mais de 10 mm/dia (100m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O/ha/dia) no período de floração, além de gastar quase 1,0 kg de água para formar um grama de fitomassa. O atendimento dos critérios anteriormente mencionados reduzirá a ocorrência de pragas e doenças do algodoeiro, obtendo-se melhores produtividades com menores custos de produção, desde que as tecnologias recomendadas pela pesquisa e difundidas pela assistência técnica sejam

adotadas com coerência, seriedade e, principalmente, com realismo (Beltrão & Azevêdo, 1993).

O município de Tauá, entre outras cidades circunvizinhas, foi a primeira área no nordeste a implantar o cultivo de algodão em bases orgânicas. Porém esse fato já vem ocorrendo em outras partes do mundo, onde o algodão também atua como uma expressiva fonte de renda. Como exemplo, pode-se citar o Vale de São Joaquim, na Califórnia, onde foram encontradas diferenças significativas com relação aos benefícios dos insetos nas áreas de cultivo com algodão orgânico (Swezey et al., 1999).

## **2.5. A Proposta Agroecológica em Tauá-CE**

Os sistemas de cultivo do algodoeiro arbóreo ocuparam, até o início dos anos 80, um papel de suma importância na economia cearense, já que o algodão foi durante vários anos o principal produto agrícola com elevada participação na formação do valor bruto da produção agropecuária. Nesse período o Ceará destacava-se no Nordeste, como o principal produtor de algodão. Essa malvácea era, via de regra, cultivada em consórcio com milho e feijão e sempre esteve estreitamente ligada à pecuária. Após a colheita os campos cultivados com algodão serviam de pasto para os animais.

A elevada qualidade da fibra do algodoeiro arbóreo fazia com que esse tipo de algodão se equiparasse aos melhores algodões do mundo.

A disseminação do bicudo na cultura do algodoeiro, trouxe fortes repercussões sobre a economia nordestina, em especial da região semi-árida. Essa praga, apesar de não ter sido o principal nem o único determinante da crise, inviabilizou, quase por completo, a exploração dos sistemas produtivos do algodoeiro arbóreo. A crise que atingiu de forma diferenciada, os vários setores envolvidos, penalizou, sobretudo, a agricultura familiar cearense. A exploração dos sistemas de cultivo do algodoeiro arbóreo era uma das principais fontes de renda do Estado.

Devido à crise, muitos agricultores deixaram de plantar o algodão arbóreo, abandonando as suas áreas. Porém, no ano de 1989, no município de Madalena - CE, os agricultores que antes cultivavam algodão na região, notaram que o algodão conseguia florescer mesmo após ataque do bicudo. Com base nessa observação, e com o intuito de encontrar soluções para essa crise e atender a uma demanda continuamente apresentada pelos agricultores familiares dos municípios de Tauá e Madalena, o ESPLAR - Centro de Pesquisa e Assessoria, a partir de 1990, empenhou-se na realização de um projeto de caráter participativo, testando, juntamente com estes agricultores, a proposta de um sistema de produção de algodão arbóreo em bases agroecológicas.

O primeiro projeto teve início no ano de 1991, tendo como título : “**Manejo ecológico do algodoeiro arbóreo (*Gossypium hirsutum* Marie Galante Hutch), visando a convivência produtiva com o bicudo**” foi finalizado no ano de 1996. O mesmo abrangeu sete municípios, com 33 experimentos, sendo 8 acompanhados pelo ESPLAR e o restante por pequenos agricultores da região. Foram enfatizados dois pontos básicos: 1. a conservação do solo e a recuperação da sua fertilidade; 2. a melhoria da qualidade da semente utilizada nos plantios (Lima & Joca, 1990). A implantação efetiva desse projeto enfrentou grandes dificuldades, concernente à aplicação plena do conjunto de técnicas de manejo por parte dos agricultores-pesquisadores. Contudo, em fevereiro de 1994 foram implantados 250 ha de consórcio, sendo executado por 153 agricultores familiares.

As propostas testadas envolveram sistemas de cultivo nos quais o algodoeiro foi consorciado com culturas anuais como milho, feijão e gergelim, além de leguminosas arbóreas como leucena e guandu, obedecendo a um conjunto de técnicas de manejo que excluem inteiramente qualquer uso de insumos químicos. Foram enfatizadas as técnicas de conservação do solo, o plantio em faixas, a adubação com esterco, a adubação foliar à base de produtos naturais e o uso de cobertura morta. O manejo de pragas, em especial do bicudo, envolveu o emprego de técnicas de controle mecânico, biológico, cultural, além do uso de macerados de diferentes partes de plantas nativas, aplicados através de pulverizações (ESPLAR, 1996).

Após a implantação, as áreas de cultivo passaram por vários problemas, sendo o mais comprometedor deles o ataque fulminante do bicudo, como também, o gasto de mão-de-obra para manutenção dos tratos culturais. Por causa desses problemas, alguns agricultores desistiram das suas áreas e o projeto que se estendeu até o ano de 1996, contou com um número limitado de agricultores, os quais foram pouco a pouco abandonando as áreas já implantadas.

Tendo como referência os conhecimentos e as informações produzidas durante a primeira fase da pesquisa (1990/1996), um novo projeto foi implantado em 1997, (devendo ser encerrado no ano de 2001). Esse projeto tem como título: **“Pesquisa & desenvolvimento de sistemas agroecológicos de cultivo do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), com agricultores familiares do semi-árido cearense”** (ESPLAR, 1998), seguindo as mesmas bases agroecológicas propostas na primeira fase da pesquisa, porém, sendo cultivado o algodão herbáceo e o arbóreo.

Em 1997, apenas quatro agricultores, dos dez programados, aceitaram reiniciar o cultivo do algodão em bases agroecológicas no município de Tauá, enquanto que, em 1998 esse total foi ampliado para dezesseis, quando o programado era também de dez agricultores. Dos quatro agricultores que reiniciaram o projeto em 1997, dois já tinham experiência em consórcios de algodão e os outros dois haviam participado do projeto anterior.

A partir do início do ano de 1998, o ESPLAR dispôs de elementos suficientes para a difusão da proposta agroecológica, contribuindo assim para a ampliação do número de interessados em produzir algodão em bases orgânicas no município de Tauá, com a participação de 78 agricultores até o final do ano de 1997, aumentando para 100 em dezembro de 1998. O crescente interesse foi obtido pelo sucesso na comercialização do pequeno volume de algodão colhido nos anos de 1997 e 1998, parte do qual foi certificado como orgânico, recebendo preços 30% superiores aos do algodão cultivado em bases convencionais (ESPLAR, 1998).

Vários estudiosos no mundo inteiros vêm se dedicando ao estudo do cultivo de diversas culturas em bases orgânicas, com o objetivo de descobrir os reais benefícios desse tipo de cultivo no solo, na saúde humana e no bem estar do ecossistema (Clark et al., 1998, Liebig & Doran, 1999, Doran, 1997, Souza, 2000).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3. 1. Área de Estudo

Este trabalho foi conduzido no município de Tauá, situado a sudoeste do Estado do Ceará, na microrregião geográfica Sertão dos Inhamuns (072). Geograficamente encontra-se localizado a 6° 00' de latitude sul e 40° 18' de longitude a oeste de Greenwich, com a altitude variando de 400 a 500 m (nos pontos mais altos). Abrange uma área de 4.306 km<sup>2</sup> (2,93 % do território cearense), estando 320 km distante da capital Fortaleza (Sampaio & Xavier, 1994).

Apresenta o clima 4aTh (tropical quente de seca atenuada e seca de inverno) pela classificação de Gaussen, com 7 a 8 meses secos, índice xerotérmico entre 200 a 150 e, pela classificação de Köppen, tipo de clima 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. O município apresenta precipitação pluvial média anual em torno de 550 a 650 mm. O relevo na região apresenta-se plano, suave ondulado e ondulado (BRASIL, 1973).

A vegetação predominante na região é a caatinga hiperxerófila, ocupando a maior parte do município e alto grau de xerofitismo; é predominantemente arbustiva, menos densa, com indivíduos de baixo porte, espinhentos e cujas folhas caem totalmente na época seca. Dentre as espécies encontradas, tem-se: *Mimosa sp.* (unha-de-gato) – Leguminosae, *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (pereiro) – Apocynaceae, *Jatropha sp.* (pinhão) *Cnidocolus phyllanthus* Hoffm. – Euphorbiaceae, *Cereus squamosus* Guerke. (facheiro), *Melocactus spp.* (Coroa-de-

frade) – Cactaceae, *Bromelia laciniosa* Mart. (macambira) – Bromeliaceae e *Pilocereus gounellei* Weber. (xique-xique) – Cactaceae (BRASIL, 1973).

De acordo com BRASIL (1973), no município de Tauá foram encontradas as seguintes unidades de mapeamento: PE37, Re26, Re18, Re6, Red6, NC10, NC3, PL7, PE11 e PE 20, sendo as mais abundantes na região, as descritas a seguir :

PE11 – Associação de: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico A fraco e moderado textura argilosa fase relevo forte ondulado e montanhoso + Terra Roxa Estruturada Similar Eutrófica podzólico A moderado textura argilosa fase relevo plano e suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozênico textura média e argilosa fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito, todos fase floresta/caatinga.

PL7 – Associação de: Planosol Solódico textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano e suave ondulado + Solonetz Solodizado textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano + Bruno não Cálcico textura argilosa fase pedregosa relevo plano e suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado substrato gnaisse e granito, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.

NC3 – Associação de: Bruno não Cálcico textura argilosa fase pedregosa relevo suave ondulado + Planosol Solódico textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano e suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + Solonetz Solodizado textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.

NC10 – Associação de: Bruno não Cálculo vértico textura argilosa fase pedregosa relevo plano e suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado substrato gnaisse e granito + Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico raso textura argilosa cascalhenta fase relevo plano e suave ondulado + Solonetz Solodizado textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.

Re18 – Associação de: Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa e média fase pedregosa e rochosa relevo suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito + Brunos não Cálculos Indiscriminados fase pedregosa relevo suave ondulado + Planosol Solódico textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano e suave ondulado + Solonetz Solodizado textura arenosa/média e argilosa fase pedregosa relevo plano, todos A fraco fase caatinga hiperxerófila.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999a) foram estabelecidas algumas modificações quanto à nomenclatura taxonômica no Sistema de Classificação dos Solos Brasileiros (Quadro 1).

Quadro 1. Equivalência das classes de solo do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (BRASIL, 1973) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999a)

<b>BRASIL (1973)</b>	<b>EMBRAPA (1999a)</b>
• Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico	• Luvisolos
• Terra Roxa Estruturada Similar Eutrófica	• Argissolos
• Solos Litólicos Eutróficos	• Neossolos Litólicos
• Planosol Solódico	• Planossolos
• Solonetz Solodizado	• Planossolos
• Bruno não Cálculo	• Luvisolos

### 3.2. Seleção das Áreas

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram selecionadas seis áreas de plantio em bases orgânicas e três áreas de plantio em bases convencionais (Quadro 2), levando-se em consideração o tipo de solo e a topografia. Em cada uma das áreas escolhidas, foram estabelecidas três parcelas representativas dos consórcios adotados, com aproximadamente 100 m<sup>2</sup>, os quais serviram como repetições dentro de cada área, permitindo assim a coleta de solos e a determinação da composição dos consórcios. A localização geográfica em cada área foi feita utilizando equipamento de posicionamento global (GPS).

Quadro 2. Localização, tipo de cultivo e posição geográfica das áreas com cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE

Área	Agricultor	Local	Tipo de Cultivo	Posição Geográfica	
				Latitude Sul	Longitude Oeste
1	José Eduardo Sobrinho	Baixas - Marrecas	Orgânico	6° 18' 26,4''	40° 29' 57,1''
2	João Alves	Zacarias	Orgânico	5° 54' 30''	40° 01' 33,4''
3	Raimundo Valentim	Juá	Orgânico	6° 28' 26,4''	40° 21' 42,3''
4	José Veloso	Jardim / Trici	Orgânico	5° 55' 0,8''	40° 28' 53,1''
5	José Martins	Queimadas	Orgânico	5° 57' 32''	40° 30' 38,5''
6	Antônio Júlio F. de Sousa	Altamira	Orgânico	5° 45' 27''	40° 04' 06,8''
7	Antônio Pereira	Fazenda Vacaria	Convencional	5° 47' 53,4''	40° 10' 19,7''
8	Raimundo Rufino	-	Convencional	5° 45' 20,5''	40° 06' 01,8''
9	Anilson Caracas	Pedra d'água	Convencional	6° 10' 14,6''	40° 24' 34,2''

De acordo com informações dos próprios agricultores e dados fornecidos pelo ESPLAR (tipo de consórcio, época de plantio, aspectos da plantação e precipitação), foi elaborada uma descrição das áreas orgânicas e convencionais, com seus respectivos consórcios (Quadro 3).

Quadro 3. Descrição das áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Tauá – CE

Área	Tipo de Cultivo	Área (m <sup>2</sup> )	Início	Descrição das áreas
1	Orgânico	3.298	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7MH) <sup>1</sup> , milho, gergelim, guandu; aplicação de biofertilizante e inseticida natural; adubação orgânica com esterco animal; aração. Antes da implantação do cultivo em bases agroecológicas a área era cultivada com palma forrageira, ficando em pousio durante 6 anos.
2	Orgânico	3.000	1997	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H) <sup>2</sup> , milho, gergelim, leucena; aplicação de biofertilizante; adubação orgânica com esterco animal; enleiramento dos restos culturais em curva de nível. Área localizada em encosta e com grande declividade.
3	Orgânico	2.000	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, gergelim, guandu, feijão; aplicação de biofertilizante. Realização de tratos culturais.
4	Orgânico	3.220	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, gergelim, guandu, feijão; aplicação de biofertilizante; aração. O guandu e o feijão foram incorporados ao consórcio a partir do ano de 1999.
5	Orgânico	3.240	1997	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, gergelim, guandu, feijão; aplicação de biofertilizante e inseticida natural; aração. O feijão não fazia parte do consórcio no ano de 1998.
6	Orgânico	3.600	1998	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho, feijão; aplicação de biofertilizante. Em 1998 era cultivado o gergelim ao invés do feijão. Realização de pequena queimada no início da implantação da área.
7	Convencional	10.000	-	Consórcio adotado: algodão (CNPA 7H), milho; aplicação de inseticida, herbicida e fungicida; gradagem.
8	Convencional	10.000	-	Monocultivo do algodão (CNPA 7MH); aplicação de inseticida, herbicida e fungicida. Há 15 anos que era cultivado milho nesta área, esse foi o 1º ano com o cultivo do algodão; gradagem.
9	Convencional	40.000	-	Monocultivo do algodão (CNPA 7H); aplicação de inseticida, herbicida e fungicida. 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.

<sup>1</sup> Híbrido interracial arbóreo x herbáceo, de ciclo pluri-anual; <sup>2</sup> Híbrido herbáceo, ciclo anual

### 3.3. Coleta das Amostras

Em cada parcela demarcada foram coletadas amostras de solo entre 0 e 30 cm de profundidade, divididas em três subcamadas: 0 - 10 cm, 10 - 20 cm e a última de 20 - 30 cm, no período de 24 a 28 de abril de 2000. Essas amostras foram preparadas para a obtenção de TFSA e analisadas conforme EMBRAPA (1997).

### **3.4. Meio Físico Local**

A caracterização do meio físico em cada área selecionada, foi feita com a ajuda de um formulário específico, conforme Lemos & Santos (1996), avaliando-se: pedregosidade, rochosidade, relevo, erosão, drenagem, declividade, vegetação primária, época de plantio, aspectos da plantação e precipitação.

### **3.5. Análises Físicas**

As análises físicas de densidade do solo foram realizadas pelo método do anel volumétrico; micro e macroporosidade usando o funil de Haines; granulometria pelo método da pipeta; condutividade hidráulica através de permeâmetro de carga constante; estabilidade dos agregados com tamisagem de peneiras (EMBRAPA, 1997). A resistência à penetração foi determinada no campo usando penetrômetro de anel, modelo Soiltest CN-970, diâmetro da base do cone de 2,50 cm<sup>2</sup>. Em cada local de amostragem foram realizadas 10 leituras de resistência à penetração, com coleta de amostras de solo para determinação da umidade (EMBRAPA, 1997).

### **3.6. Análises Químicas**

As análises químicas de pH em água (1:2,5), carbono orgânico, bases trocáveis (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>), P assimilável, capacidade de troca de cátions (CTC), acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) e soma de bases (valor SB), foram determinadas conforme EMBRAPA (1997). As determinações de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – N) e amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – N) do solo foram feitas utilizando extrato de 1:10 solo: KCl (1 M), repouso, destilação para extração de vapores e titulação com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,005 M, conforme EMBRAPA (1999b).

Foram utilizados também, dados de análises químicas das áreas de cultivo orgânico dos anos de 1997, 1998, 1999, fornecidos pelo ESPLAR, com o objetivo de avaliar a evolução das características químicas desses solos ao longo dos anos. Essas análises foram realizadas conforme EMBRAPA (1997). Não existe registro de análises físicas e químicas dessas áreas, anterior a implantação do cultivo orgânico.

As áreas de cultivo convencional foram estudadas apenas no ano 2000 para efeito de comparação.

### **3.7. Análises Biológicas**

A macrofauna e mesofauna do solo foi determinada em monólitos de solo com as dimensões de 20 cm x 20 cm x 30 cm, através de coleta e classificação de todo invertebrado presente no solo, conservando-os em formaldeído a 4 %. O monólito foi dividido em três camadas, 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, sendo coletada também toda a serapilheira presente numa área de 1 m<sup>2</sup> acima da superfície onde foram coletados os monólitos (Aquino et al., 2000). Os números de invertebrados foram determinados e registrados a nível de ordem, de acordo com as subdivisões taxonômicas, conforme Anderson & Ingram (1993).

### **3.8. Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O experimento foi realizado utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Foram analisadas seis áreas de cultivo orgânico e três de cultivo convencional. Os dados resultantes foram submetidos à análise de variância, tendo sido realizada a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Caracterização do Meio Físico**

A erosão laminar nas áreas de cultivo orgânico, variou de não aparente a ligeira (Quadro 4). Conforme Lemos & Santos (1996), na classe de erosão não aparente, o solo não apresenta sinais perceptíveis de erosão laminar ou em sulcos. Já na classe ligeira, o solo apresenta menos de 25 % do horizonte A removido. Quanto à frequência, a erosão em sulcos apresentou-se ocasional, e quanto à profundidade, esses foram superficiais.

A gravidade da evolução da erosão não aparente para a classe ligeira não deve ser subestimada, mesmo nas áreas de cultivo orgânico, pois a inexistência de sulcos, ou a presença de sulcos superficiais e ocasionais, pode criar no agricultor uma falsa impressão (Lima, 1999), não o sensibilizando para a problemática do caso. Pode-se afirmar que a constatação de formas dominantes de erosão, deverá ser motivo também de preocupação quanto a sustentabilidade desses ecossistemas, tendo em vista que, a falta de cobertura e a exposição desses solos a enxurradas, favorecerão a evolução da erosão laminar para situações mais complexas, inclusive sulcos, como já constatado nas áreas 4, 5 e 6 (Quadro 4).

Quadro 4. Caracterização do meio físico nas áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE

Área	Tipo de Cultivo	Posição Relativa no Relevo	Relevo Local	Erosão	Pedregosidade	Rochosidade
1	Orgânico	chapada	plano	L: ã aparente	ã pedregosa	lg rochosa
2	Orgânico	encosta	ondulado	L : ligeira	ã pedregosa	ã rochosa
3	Orgânico	chapada	plano	L: ã aparente	ã pedregosa	ã rochosa
4	Orgânico	baixio	plano	L: ligeira; S: ocas. e superficiais	ã pedregosa	ã rochosa
5	Orgânico	chapada	plano	L: ligeira; S: ocas. e superficiais	ã pedregosa	ã rochosa
6	Orgânico	-	suave ondulado	L: ligeira; S: ocas. e superficiais	lg pedregosa	ã rochosa
7	Convencional	baixio	-	L: moderada; S: ocas. e superf. e rasos	ã pedregosa	ã rochosa
8	Convencional	baixio	plano	L: ligeira; S: ocas. e superf. e rasos	ã pedregosa	ã rochosa
9	Convencional	encosta	-	L: moderada; S: freq., superf. e rasos	lg pedregosa	ã rochosa

L= Laminar, S= Sulcos, ã = não, lg= ligeiramente, ocas. = ocasionais, superf.= superficiais, freq.= freqüentes.

Nas áreas de cultivo convencional a erosão mostrou-se mais acentuada, variando de ligeira a moderada, com presenças de sulcos ocasionais e freqüentes, e rasos quanto à profundidade (Quadro 4). Nessas áreas de cultivo, a falta de proteção e a constante exposição do solo, bem como o uso intensivo de monocultura, podem ter favorecido a intensificação da erosão (Silva, 2000).

Quanto à pedregosidade, as áreas estudadas não apresentaram calhaus e/ou matacões na superfície, e/ou na massa do solo (Quadro 4). No entanto, as áreas 5, 6 e 9 apresentaram superfície ligeiramente pedregosa, com ocorrência de calhaus, e/ou matacões, espaçosamente distribuídos, ocupando 0,01 a 0,1% da massa do solo, e/ou da superfície do terreno (distanciando-se por 10 a 30 m). Nessas áreas, o grau de pedregosidade pode acarretar interferência na aração e em outras práticas agrícolas, sendo, entretanto, perfeitamente viáveis os cultivos entre as pedras (Lemos & Santos, 1996).

## 4.2. Análises Físicas

Levando-se em consideração o sistema de cultivo orgânico, as áreas 1 e 4 mostraram, de acordo com dados propostos por Salassier (1995), níveis moderados de condutividade hidráulica, seguindo-se as áreas 3 e 5 com níveis moderadamente altos. Apesar dos diferentes níveis de condutividade, as áreas citadas anteriormente, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, com exceção das áreas 2 e 6 que obtiveram níveis moderadamente baixos de condutividade hidráulica (Quadro 5).

A alta taxa de condutividade hidráulica registrada na área 3, pode ter sido influenciada pela maior percentagem de agregados e pela porosidade total do solo (Quadro 5), como também, pela textura franco arenosa, a qual possui 50 - 70 % de areia e 20 % de argila em sua constituição.

A área 5 apesar de possuir solos com textura franco argila arenosa, com teor de argila em torno de 35 %, apresentou uma taxa de condutividade hidráulica maior que as demais áreas. Sabe-se que, quanto mais elevado o teor de argila em um solo, maior a sua resistência à infiltração, com o favorecimento do escoamento superficial (Brady & Weil, 1999). É possível que nesse caso, a estruturação das partículas do solo, associada ao alto índice de estabilidade, possa ter possibilitado a argila comportar-se como areia, do ponto de vista hidráulico, favorecendo, desse modo, uma maior drenagem do solo. De acordo com Hillel (1972) a condutividade hidráulica depende das propriedades de fluido e do material poroso, sendo esses fatores afetados pela estabilidade dos agregados.

Nas áreas com o sistema de cultivo convencional, os mais altos níveis de condutividade foram encontrados nas áreas 7 e 9 (Quadro 5). Esses valores podem estar associados ao alto conteúdo de areia (70 – 90 %) desses solos, com a classe textural variando de franco arenoso a areia franca, e aos processos de aração e gradagem.

Quadro 5. Análises físicas de amostras de solo coletadas em áreas de cultivo orgânico e convencional no município de Tauá-CE

Área	Tipo de Cultivo	Condutividade Hidráulica	Densidade do Solo	Estabilidade de Agregados	Macroporos	Microporos	Porosidade Total	Resistência a Penetração	Umidade	Textura
		cm h <sup>-1</sup>	g cm <sup>-3</sup>	%	----- cm cm <sup>-3</sup> -----			Mpa	g g <sup>-1</sup>	
1	Org.	5,438 ab	1,26 a	53,66 a	0,177 a	0,407 a	0,523 a	1,90 cd	35,53	Franco arenoso
2	Org.	1,427 b	1,47 a	44,35 ab	0,075 a	0,370 ab	0,446 a	3,14 b	7,47	Franco arenoso
3	Org.	8,283 ab	1,51 a	63,30 a	0,084 a	0,345 ab	0,429 a	4,77 a	2,95	Franco arenoso
4	Org.	4,833 ab	1,56 a	43,96 ab	0,105 a	0,322 ab	0,412 a	1,39 cde	7,54	Franco arenoso
5	Org.	7,407 ab	1,53 a	56,98 a	0,105 a	0,317 ab	0,422 a	2,16 c	16,77	Franco argila arenoso
6	Org.	0,876 b	1,58 a	19,57 bc	0,014 a	0,399 a	0,403 a	0,86 e	25,73	Franco arenoso
7	Conv.	12,789 ab	1,59 a	15,11 c	0,085 a	0,346 ab	0,399 a	1,19 de	16,20	Areia franca
8	Conv.	3,617 b	1,57 a	24,02 bc	0,078 a	0,383 a	0,409 a	3,80 b	4,99	Franco arenoso
9	Conv.	24,293 a	1,53 a	23,90 bc	0,179 a	0,243 b	0,422 a	1,05 de	6,70	Areia franca

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Org. = cultivo orgânico e Conv. = cultivo

Os valores da densidade do solo nas áreas com cultivo orgânico e convencional não mostraram diferenças significativas ao nível de 5 % pelo teste de Tukey (Quadro 5). No entanto, o valor médio nas áreas de cultivo orgânico ( $1,49 \text{ g cm}^{-3}$ ), foi menor do que nas áreas convencionais ( $1,56 \text{ g cm}^{-3}$ ), sendo ambos superiores a  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ , limite superior sugerido para solos arenosos (Kiehl, 1979). Esse aspecto do solo pode revelar níveis de compactação, ou um aumento da sua susceptibilidade à compactação, aumentando por outro lado, a resistência mecânica a ser vencida pelo sistema radicular das culturas, com conseqüente redução na produtividade, e aumento na erosão hídrica, principalmente quando associado à pequena quantidade de macroporos existentes nessas áreas (Quadro 5).

A maior distribuição percentual de agregados estáveis ocorreu nas áreas cultivadas em bases orgânicas, com exceção da área 6 (Quadro 5). A adição de resíduos orgânicos e a diminuição no revolvimento do solo podem ter contribuído de forma significativa para a melhoria das condições físicas do solo, favorecendo a estabilidade dos agregados, como também a diminuição da erodibilidade (Quadro 3 e 4).

De acordo com Brady & Weil (1999), a matéria orgânica, juntamente com a argila, são os dois agentes cimentantes que mais contribuem para a agregação do solo. A menor percentagem de estabilidade dos agregados, nas áreas de cultivo convencional, quando relacionado com as áreas com cultivo orgânico (Quadro 5), pode evidenciar os efeitos da ação antrópica na diminuição do tamanho dos agregados ou o uso de gradagens freqüentes, causando a destruição dos agregados maiores (Palmeira et al., 1999), aumentando dessa forma a percentagem de agregados menores. De acordo com o mesmo autor, a maior concentração de agregados estáveis, ocorre nos sistemas de cultivo com mínima mobilização do solo, corroborando com os dados obtidos nas áreas orgânicas (Quadro 5).

Todas as áreas obtiveram valores de microporosidade superiores aos da macroporosidade, sendo que os da macroporosidade não apresentaram diferenças estatísticas significativas. O volume de microporos foi mais elevado nas áreas 1, 6 e 8, concordando com os dados da densidade do solo (Quadro 5). A porosidade está intimamente relacionada com o tamanho dos agregados do solo, com a densidade do solo e com sua resistência à penetração (Libardi, 2000). Para um mesmo solo, quanto

mais compacto ou menos poroso ele for, maior será a sua resistência mecânica, sendo considerado o solo ideal, aquele que apresenta um terço de macroporos para dois terços de microporos.

O maior valor de resistência à penetração foi encontrado na área 3, seguido das áreas 8 e 2. Sabe-se que o resultado da resistência à penetração é proporcional a umidade do solo no momento da amostragem, fato aparentemente comprovado neste estudo (Quadro 5). Esses resultados podem estar associados à alta estabilidade dos agregados, mostrando uma compactação existente que não foi detectada pela densidade do solo. Segundo Pabin et al. (1998), o máximo que a raiz pode esforçar-se para penetrar no solo está em torno de 0,9 MPa a 1,3 MPa, dependendo do tipo de solo e da espécie de planta, enquanto que o crescimento da raiz é impedido em solos com resistência à penetração, em torno de 0,8 a 5,0 MPa. De acordo com esses dados, todas as áreas orgânicas com exceção da área 6, apresentam alta resistência à penetração das raízes no solo.

### **4.3. Análises Químicas**

Os valores do pH não apresentaram variações significativas entre as diferentes áreas de cultivo (Quadro 6). No entanto, quando foram avaliadas as profundidades dentro de cada área, observou-se que nas áreas 2 e 4 o pH aumentou, sendo essa uma condição natural do solo (Tomé Jr.,1997), associada a lixiviação de bases. O pH em todas as áreas está dentro da faixa de neutralidade não apresentando níveis de acidez. Pode-se esperar que a determinação do pH em soluções salinas diminua esse resultado, porém essa diminuição não chega a ser preocupante, sendo a diferença média cerca de 0,6 unidades de pH (Raij, 1991). Faz-se necessária a medida do pH nas diferentes épocas do ano, devido a existência de quantidades variáveis de sais no solo que, mesmo em pequenos teores, deprimem o valor do pH.

Quadro 6. Propriedades químicas do solo em áreas de cultivo orgânico e convencional coletadas no município de Tauá – CE, nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm

Área <sup>1</sup>	pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	V	
	H <sub>2</sub> O 1:2,5	mg kg <sup>-1</sup>	-----			cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>			-----		%
<b>0-10 cm</b>											
1	7,5 a A	364 a A	0,87 a A	0,15 a A	11,6 a A	2,9 a A	0,33 a A	15,5 a A	15,9 a A	98 a A	
2	7,1 a B	222 a A	0,25 b A	0,12 ab B	10,4 ab A	2,8 a A	0,82 a A	13,6 ab A	14,4 ab A	94 a A	
3	7,0 a A	7 a A	0,54 ab A	0,09 d A	3,3 bc A	1,1 a A	0,93 a A	5,0 bc A	5,9 c A	84 a A	
4	6,8 a B	8 a A	0,27 b A	0,08 d A	2,7 c A	1,3 a A	0,55 a A	4,3 c A	4,9 c A	89 a A	
5	7,3 a A	77 a A	0,49 ab A	0,12 b A	8,5 abc A	1,5 a A	0,44 a A	10,5 abc A	11,0 abc A	94 a A	
6	6,8 a A	9 a A	0,33 b A	0,10 bcd A	4,2 abc A	1,5 a A	0,82 a A	6,1 bc A	6,9 bc A	88 a A	
7	7,4 a A	158 a A	0,41 ab A	0,10 bcd A	5,7 abc A	1,4 a A	0,33 a A	7,6 abc A	7,9 abc A	95 a A	
8	7,5 a A	97 a A	0,51 ab A	0,12 bc A	7,6 abc A	2,2 a A	0,22 a A	10,4 abc A	10,6 abc A	98 a A	
9	7,4 a A	54 a A	0,31 b A	0,09 cd A	5,8 abc A	1,2 a A	0,55 a A	7,3 abc A	7,9 abc A	92 a A	
<b>10-20 cm</b>											
1	7,4 a A	112 ab A	0,64 a A	0,13 a A	9,1 abc A	2,3 ab A	0,38 a A	12,1 ab A	12,5 ab A	96 a A	
2	7,1 a AB	107 ab A	0,18 a A	0,15 a AB	12,4 a A	3,0 a A	0,99 a A	15,8 a A	16,7 a A	94 a A	
3	6,5 a A	3 b A	0,51 a A	0,10 a A	3,1 cd A	1,3 bc A	0,32 a A	5,1 bc A	6,4 bc A	80 a A	
4	7,1 a AB	7 ab A	0,16 a A	0,08 a A	3,6 bcd A	1,3 bc A	0,60 a A	5,2 bc A	5,8 bc A	91 a A	
5	7,0 a A	13 ab A	0,37 a A	0,11 a A	5,8 bcd A	1,3 bc A	0,82 a A	7,6 bc A	8,5 bc A	90 a A	
6	6,4 a A	5 ab AB	0,18 a B	0,08 a A	3,4 cd A	1,2 bc A	1,04 a A	4,8 c B	5,9 bc B	82 a A	
7	7,4 a A	140 a A	0,24 a B	0,12 a A	7,7 abcd A	0,9 c A	0,27 a A	9,0 abc A	9,2 bc A	96 a A	
8	7,4 a A	25 ab B	0,28 a B	0,13 a A	9,7 ab A	1,9 abc A	0,33 a A	12,0 ab A	12,3 ab A	97 a A	
9	7,2 a A	9 ab A	0,21 a A	0,06 a B	1,7 d A	1,0 bc A	0,55 a A	3,0 c AB	3,6 c AB	89 a A	
<b>20-30 cm</b>											
1	7,3 a A	75 a A	0,59 a A	0,14 a A	8,7 ab A	2,1 a A	0,55 a A	11,5 ab A	12,0 abc A	95 a A	
2	7,4 a A	103 a A	0,14 a A	0,16 a A	12,5 a A	3,2 a A	0,66 a A	16,0 a A	16,7 a A	96 a A	
3	6,6 a A	4 a A	0,36 a A	0,09 a A	2,4 bc A	1,6 a A	1,10 a A	4,4 bc A	5,5 bc A	81 a A	
4	7,5 a A	5 a A	0,12 a A	0,07 a A	3,1 bc A	1,0 a A	0,27 a A	4,3 bc A	4,6 c A	94 a A	
5	7,1 a A	46 a A	0,35 a A	0,12 a A	6,2 abc A	1,6 ab A	0,88 a A	8,3 abc A	9,2 abc A	90 a A	
6	6,1 a A	4 a B	0,13 a B	0,09 a A	3,5 bc A	1,4 ab A	1,26 a A	5,1 bc B	6,4 bc B	81 a A	
7	7,2 a A	122 a A	0,20 a C	0,15 a A	6,8 abc A	1,8 ab A	0,16 a A	8,9 abc A	9,1 abc A	98 a A	
8	7,3 a A	45 a AB	0,23 a B	0,16 a A	10,7 a A	2,9 ab A	0,49 a A	14,0 a A	14,5 ab A	97 a A	
9	7,2 a A	6 a A	0,22 a A	0,05 a B	1,2 c A	0,3 ab A	0,49 a A	2,4 c B	2,9 c B	85 a A	

<sup>1</sup> Áreas de 1 a 6 cultivo orgânico e de 7 a 9 cultivo convencional. Letras minúsculas nas colunas comparam diferenças entre as profundidades de cada área e letras maiúsculas, também nas colunas, comparam a diferença entre as áreas, tendo como referencial a mesma profundidade, ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

A camada superficial em ambas as condições de cultivo, apresentou variação nos teores de P, tendo as camadas inferiores apresentado valores ligeiramente menores. Os teores de P entre as áreas, só variou na camada de 10-20 cm, sendo o valor mais alto encontrado na área 7 (Quadro 6). Todas as áreas apresentaram teores muito elevados de P, sendo os teores normalmente encontrados na solução do solo da ordem de 0,1 mg/kg (Raij, 1991). Este fato pode estar associado ao método de extração utilizado, a aplicação de fosfato natural nas áreas orgânicas e fertilizantes fosfatados nas áreas convencionais, e em último caso, ao material de origem. Outro fato importante, é a existência de uma relação de grandeza entre o conteúdo de matéria orgânica do solo e a liberação de P para a solução do solo, podendo atribuir os altos teores de P nas áreas 1 e 2 a essa relação. Contudo, a quantidade de resíduos orgânicos aplicados e os valores de matéria orgânica encontrados nessas áreas, não confirmam este fato.

Os valores de potássio ( $K^+$ ) mostraram significância entre as áreas na camada de 0-10 cm. Todas as áreas, com exceção das áreas 2 e 4 apresentaram altos teores de  $K^+$  na camada de 0-10 cm, de acordo com os limites propostos por Kiehl (1979). Avaliando-se as profundidades dentro de cada área, observa-se que as áreas 6, 7 e 8 apresentaram diferenças estatísticas, diminuindo o teor de  $K^+$  com a profundidade (Quadro 6).

Os teores de sódio ( $Na^+$ ) mostraram significância entre as áreas, apenas na camada de 0-10 cm, sendo o valor mais alto encontrado na área 1 (Quadro 6). Analisando o teor de  $Na^+$ , dentre as profundidades de cada área, nota-se que houve variação nas áreas 2, 7 e 8, onde o teor de  $Na^+$  aumentou de acordo com a profundidade. Nas demais áreas não houve significância.

A determinação de  $Na^+$  no solo, torna-se necessária em regiões de ocorrência de solos com excesso de salinidade, o que não é o caso das áreas em estudo, apesar da região semi-árida do nordeste brasileiro, em virtude das características de clima, relevo, geologia e drenagem apresentar condições favoráveis à ocorrência de solos afetados por excesso de sódio ou sais (Mota & Oliveira, 1999). Esse fato comprova a importância do monitoramento dos teores de sais nas áreas em estudo, evitando dessa forma a acidificação do solo.

De acordo com os limites propostos por Fernandes et al. (1993), todas as áreas apresentaram níveis de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo variando de médios ( $1,6 - 4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) a altos ( $> 4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Na camada de 0-10 cm o teor mais elevado de  $\text{Ca}^{2+}$  foi encontrado na área 1, não havendo variação entre as áreas convencionais. Já na camada de 10-20 cm o teor mais elevado de  $\text{Ca}^{2+}$  foi encontrado na área 2 e de 20-30 cm nas áreas 2 e 8 (Quadro 6).

Os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  no solo também apresentaram níveis variando de médios ( $0,6 - 1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) a altos ( $> 1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) (Fernandes et al., 1993), não diferindo entre as áreas de cultivo na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm o teor mais elevado de  $\text{Mg}^{2+}$  foi encontrado na área 2, e na camada de 20-30 cm nas áreas 1, 2, 3 e 4, não havendo variação entre as profundidades dentro de cada área. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  estão estreitamente relacionados com o nível de acidez do solo. Quando estão baixos, o solo estará também com excesso de acidez (Tomé Jr., 1997).

Os valores de soma de bases (SB) e de capacidade de troca de cátions (CTC) apresentaram variações, tanto entre as áreas, como entre as profundidades de cada área. Entre as áreas, houve variação nas três profundidades em estudo. Na camada de 0-10 cm, o maior valor de SB, foi encontrado na área 1, não havendo variação entre as áreas convencionais. Na camada de 10-20 cm, o valor mais elevado foi encontrado na área 2, sendo os valores mais baixos encontrados nas áreas 6 e 9 (Quadro 6).

A quantidade de matéria orgânica aplicada em algumas áreas (Quadro 3), não foi suficiente para influenciar a CTC que se apresenta baixa, já que os solos em estudo têm grande quantidade de areia na sua constituição, com predominância de quartzo, o qual possui baixa CTC. Bayer & Mielniczuk (1999), mostram que com o aumento da CTC o solo adquire maior poder tampão e maior capacidade de retenção de cátions. O aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação.

A saturação por bases (V) expressa a parte da CTC ocupada por  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , apresentando uma relação direta com o pH do solo (Quadro 6). A saturação por bases é utilizada como fator para determinação da necessidade de calagem nos solos com V menor que 60% (Raij, 1991).

Os valores de carbono orgânico e matéria orgânica, não apresentaram diferenças significativas entre as áreas de cultivo (Quadro 7). No entanto, os teores de carbono e matéria orgânica decresceram com a profundidade, notadamente nas áreas 1, 2, 6 e 9. Nas áreas convencionais esse fato pode estar associado à utilização de métodos de preparo de solo e a culturas anuais, provocando normalmente, redução nos teores de carbono orgânico no solo, resultante do aumento da taxa de decomposição anual, ou redução da taxa de adição do material orgânico (Marchiori Júnior & Melo, 1999).

Observa-se que a área 9 apresentou teores de matéria orgânica bem elevados, quando comparado com outras áreas (Quadro 7). Porém deve-se levar em consideração que a área foi mantida em pousio durante 12 anos (Quadro 3), tempo esse considerado bastante significativo para a sua recuperação. Porém o teor de matéria orgânica do solo é muito sensível em relação às práticas de manejo, onde, nos primeiros anos de cultivo, mais de 50% da matéria orgânica previamente acumulada, é perdida por diversos processos, entre esses, a decomposição microbiana e a erosão (Mielniczuk, 1999).

As características apresentadas pelo teor de nitrogênio (N) no solo, evidenciam uma estreita ligação entre o teor de N e a matéria orgânica do solo, observando-se uma mesma tendência de variação (Quadro 7). A relação C/N não apresentou diferenças estatísticas entre as áreas em estudo, com valores que variaram de 9:1 a 10:1 (Quadro 7). Supõe-se que a matéria orgânica dessas áreas não estava completamente humificada ou foram realizadas adições recentes de restos vegetais verdes. Vale ressaltar que, todas as áreas com cultivo orgânico têm na composição dos seus consórcios, leguminosas como o guandu, a leucena e o feijão, que são fixadoras de N<sub>2</sub>. As leguminosas são utilizadas, de maneira geral, como plantas de cobertura do solo, graças à sua rápida germinação em rotação ou sucessão de culturas, ou mesmo isoladamente, visando não somente o controle da erosão, mas também a melhoria físico-química-biológica do solo (Nascimento & Lombardi Neto, 1999)

Quadro 7. Propriedades químicas do solo em áreas de cultivo orgânico e convencional coletadas no município de Tauá – CE, nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm

Área <sup>1</sup>	C	M.O.	N	C/N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>0-10 cm</b>						
1	11,0 a A	19,0 a A	1,1 a A	10 a A	104,1 a A	107,8 a A
2	7,5 a A	13,0 a A	0,8 a A	10 a A	104,3 a A	104,8 a A
3	6,5 a A	11,3 a A	0,7 a A	10 a A	104,2 a A	105,0 a A
4	4,6 a A	7,9 a A	0,5 a A	10 a A	104,2 a A	105,7 a A
5	10,1 a A	17,3 a A	1,0 a A	10 a A	104,0 a A	107,8 a A
6	7,4 a A	12,8 a A	0,7 a A	10 a A	116,0 a A	104,5 a A
7	3,9 a A	6,6 a A	0,4 a A	10 a A	103,9 a A	104,7 a A
8	5,1 a A	8,7 a A	0,5 a A	10 a A	103,8 a A	104,2 a A
9	9,7 a A	16,8 a A	1,0 a A	9 a A	104,1 a A	106,0 a A
<b>10-20 cm</b>						
1	7,5 a AB	13,0 a AB	0,8 a AB	10 a A	104,1 a A	105,0 a A
2	4,9 a B	8,4 a B	0,5 a B	10 a A	104,4 a A	104,6 a A
3	6,2 a A	10,6 a A	0,6 a A	10 a A	104,1 a A	104,8 a A
4	4,8 a A	8,3 a A	0,5 a A	10 a A	104,0 a A	105,1 a A
5	6,6 a A	11,4 a A	0,7 a A	10 a A	104,0 a A	104,7 a B
6	4,2 a AB	7,3 a AB	0,4 a AB	9 a A	104,1 a A	104,5 a A
7	3,8 a A	6,5 a A	0,4 a A	10 a A	103,8 a A	104,6 a A
8	5,4 a A	9,3 a A	0,5 a A	10 a A	103,9 a A	104,1 a A
9	4,6 a B	7,9 a B	0,5 a B	10 a A	104,0 a A	104,8 a A
<b>20-30 cm</b>						
1	4,7 a B	8,1 a B	0,5 a B	9 a A	104,1 a A	104,5 a A
2	4,0 a B	6,9 a B	0,4 a B	10 a A	105,9 a A	105,9 a A
3	4,2 a A	7,3 a A	0,5 a A	10 a A	103,9 a A	104,6 a A
4	3,0 a A	5,2 a A	0,3 a A	10 a A	104,0 a A	104,8 a A
5	6,6 a A	11,3 a A	0,7 a A	10 a A	104,1 a A	104,2 a B
6	3,0 a B	5,1 a B	0,3 a B	10 a A	104,0 a A	104,2 a A
7	2,6 a A	4,5 a A	0,3 a A	9 a A	103,9 a A	105,2 a A
8	4,8 a A	8,2 a A	0,5 a A	10 a A	104,0 a A	103,9 a B
9	2,3 a B	4,0 a B	0,2 a B	10 a A	104,0 a A	104,3 a A

<sup>1</sup> Áreas de 1 a 6 cultivo orgânico e de 7 a 9 cultivo convencional. Letras minúsculas nas colunas comparam diferenças entre as profundidades de cada área e letras maiúsculas, também nas colunas, comparam a diferença entre as áreas, tendo como referencial a mesma profundidade, ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Os teores de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), não apresentaram variação entre as diferentes áreas de cultivo (Quadro 7), com exceção das profundidades entre as áreas 5 e 8.

Pode-se observar de modo geral, que as áreas 1, 2 e 5 apresentaram níveis de nutrientes no solo superiores aos encontrados nas áreas 3, 4 e 6 (Quadros 6 e 7). Essas diferenças podem estar associadas ao tempo de cultivo e aos materiais orgânicos aplicados. De acordo com Clark et al. (1998) a quantificação dos 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.

#### **4.4. Evolução das Áreas com Cultivo Orgânico**

Num estudo da evolução dos teores de carbono sob as áreas com cultivo orgânico, nota-se na área 2, que os níveis de carbono orgânico apresentaram uma elevação significativa entre os anos de 1997 a 1999, declinando no ano de 2000 (Figura 1). O aumento do carbono orgânico foi mais significativo na camada superficial do solo, sendo que esse pode estar relacionado com o maior acúmulo de material orgânico na superfície do solo, e conseqüentemente, com a maior atividade de microorganismos, os quais são afetados pelas condições de umidade, aeração e temperatura (Kiehl, 1979).

A perturbação antrópica do sistema estável, normalmente causa mais perdas do que ganhos de carbono, implicando na redução do seu teor ao longo do tempo e na degradação da qualidade do solo (Doran, 1997). Apesar da área 1 não dispor de dados anteriores, a mesma apresentou elevados teores de matéria orgânica no ano de 2000 (Quadro 7).

Na área 3 os níveis de carbono não variaram nas camadas de 0-10 cm e de 20-30 cm, apresentando uma pequena elevação na camada intermediária (10-20 cm), que foi de  $5,2 \text{ g kg}^{-1}$  em 1999 para  $6,2 \text{ g kg}^{-1}$  em 2000 (Figura 1). Os solos que não receberam aplicações de esterco, como é o caso da área 3, o carbono orgânico pode

ser adicionado através da degradação de raízes e dos resíduos vegetais que retornam ao solo anualmente (Allison, 1973). As áreas 4 e 6, apresentaram redução no teor de carbono orgânico, entre os anos de 1999 a 2000 em decorrência da não incorporação de resíduos orgânicos (Figura 1).

A área 5 apresentou um melhor comportamento em relação ao nível de carbono orgânico (Figura 1). Em 1997, época de implantação do cultivo orgânico, a área apresentava baixos níveis, ou ausência de carbono. No ano de 1999, os níveis de carbono encontrados foram de  $6,3 \text{ g kg}^{-1}$  de solo, aumentando para  $6,6 \text{ g kg}^{-1}$  no ano de 2000, representando um aumento relativo de 30 % ao ano.

É importante destacar que, embora os níveis de carbono orgânico no solo tenham aumentado consideravelmente na área 5, ainda são considerados baixos (Fernandes et al., 1993). Porém, conhecendo-se os benefícios que pequenas frações desse componente do solo, representa para o sistema produtivo, pode-se afirmar que essa elevação no teor de carbono orgânico, e conseqüentemente de matéria orgânica, pode propiciar a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo. De acordo com Bayer et al. (2000) as alterações no teor de matéria orgânica são lentas, o que, associado a curtos períodos de tempo, dificulta a visualização do seu comportamento em médio prazo.

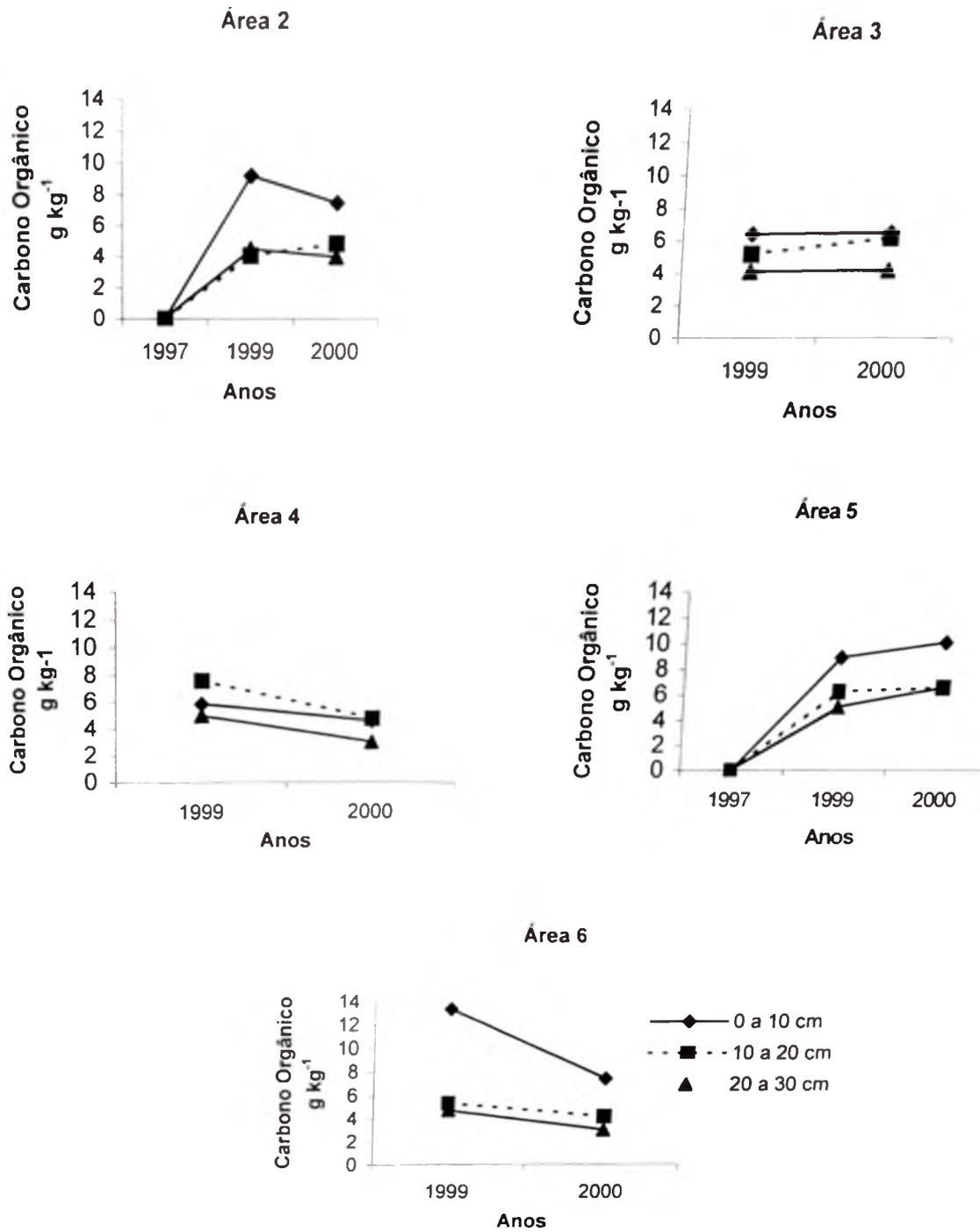


Figura 1. Teores de carbono do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.

Souza (2000), em estudo realizado com cultivo orgânico no Estado de Santa Catarina, mostrou que os teores de matéria orgânica tiveram um aumento relativo de 71 % ao longo de 9 anos. Segundo Andreola et al. (2000), quando a cobertura do solo é incorporada pelo sistema convencional de preparo do solo, ocorre distribuição da matéria orgânica na camada arável, e não se verifica acúmulo significativo de carbono orgânico no solo pois, apenas os restos culturais e a cobertura produzida na área são incorporados.

O declínio da matéria orgânica ou do carbono orgânico no solo, ao longo do tempo, pode indicar erro no sistema de manejo adotado, tais como: baixa fertilidade, baixa incorporação de resíduos, excesso de revolvimento, erosão acelerada, etc. A persistência no erro, inevitavelmente conduzirá a exploração agrícola a uma situação insustentável do ponto de vista econômico ou ambiental (Mielniczuk, 1999).

Segundo Stevenson (1982), a diminuição do teor de matéria orgânica no solo sob cultivo não se deve unicamente à redução da quantidade de resíduos adicionados, mas também ao aumento da atividade microbiana, causada por melhores condições de aeração, temperaturas mais elevadas e alternâncias mais freqüentes de umedecimento e secagem do solo.

Os níveis de P no solo, ao longo do tempo, aumentaram nas áreas 1, 2 e 5, e diminuíram nas áreas 3, 4 e 6, notadamente na camada de 0-10 cm (Figura 2). Nota-se na área 1, que a elevação nos teores de P na camada de 0-10 cm, entre os anos de 1998 a 2000, proporcionou um aumento significativo de 403%, podendo ser considerado suficiente para atender às necessidades nutricionais das culturas estudadas. A área 2 obteve  $235 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, no ano de 1997, diminuindo para  $139 \text{ mg dm}^{-3}$  em 1998, aumentando aproximadamente 200 % em 2000, na camada de 0-10 cm (Figura 2). Em geral, os baixos teores de P podem estar associados a anos de seca. Isso porque a alta temperatura, e a baixa umidade do solo, não favorecem a decomposição dos resíduos orgânicos.

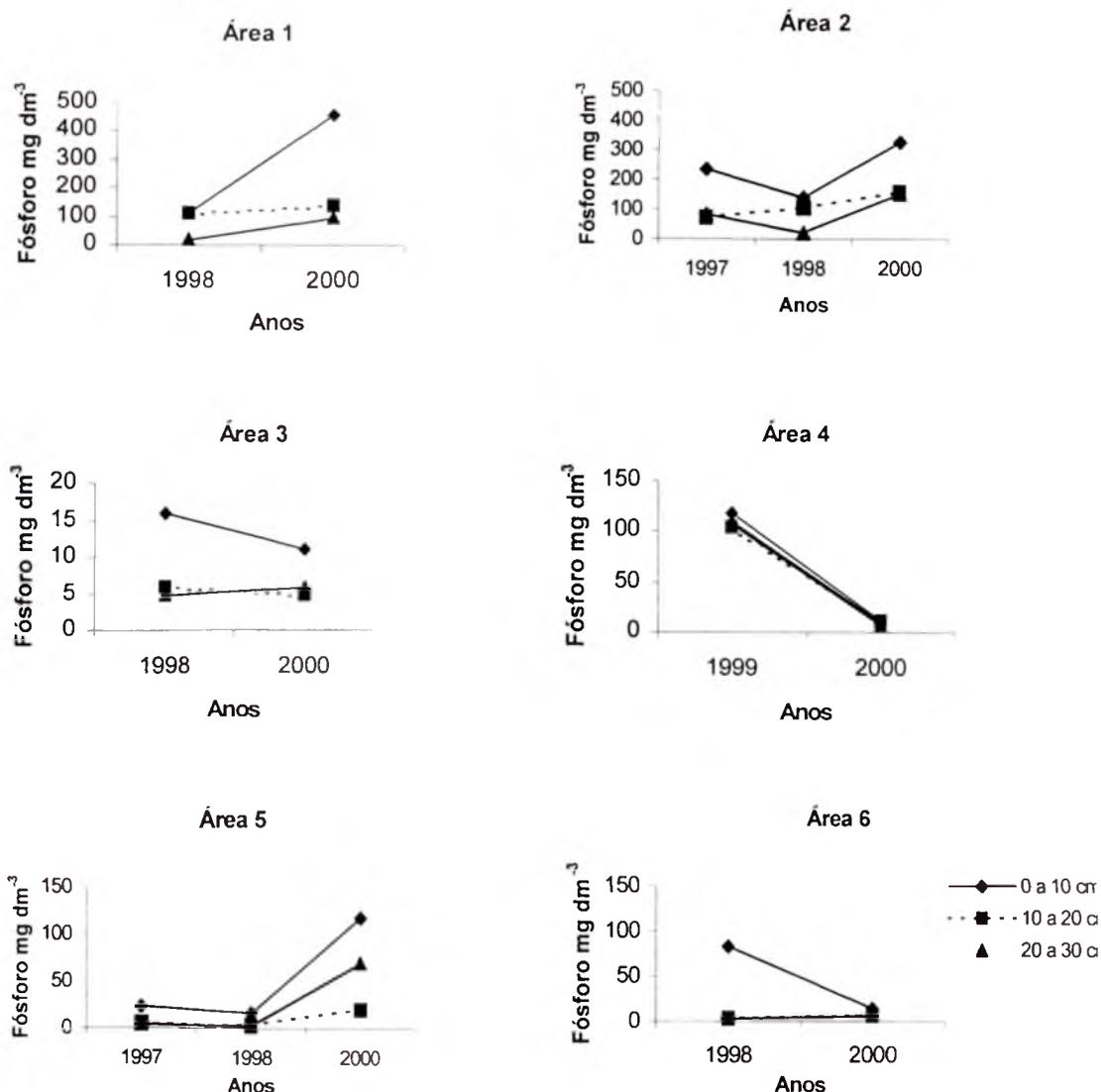


Figura 2. Teores de fósforo do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.

De acordo com Souza (2000), os níveis médios de P em solos submetidos a manejo orgânico durante 10 anos, aumentaram em até 390 %. Segundo o mesmo autor, as contribuições para o aumento dos teores citados de P no solo, podem ser atribuídas a três fatores principais: à utilização de fosfato natural na confecção de compostos orgânicos, ao P componente da matéria orgânica e à solubilização de P pela ação de ácidos húmicos e microorganismos.

A área 5, também apresentou um aumento expressivo no teor de P, entre os anos de 1998 a 2000, de  $16 \text{ mg dm}^{-3}$  para  $118 \text{ mg dm}^{-3}$ , na camada de 0-10 cm (Figura 2). Supõe-se que o aumento dos teores de P nas áreas 1, 2 e 5, ocorreu devido à incorporação de resíduos vegetais e animais ao solo (áreas 1 e 2), e ao tempo de cultivo em bases orgânicas (áreas 2 e 5).

As áreas 3, 4 e 6, apresentaram uma queda relativa nos teores de P, entre os anos de 1998 a 2000, sendo mais acentuada nas áreas 4 e 6. Percebe-se pelos dados apresentados na Figura 2 que, as áreas 4 e 6, não apresentaram bons resultados, quando comparados com as demais áreas. Os dados disponíveis do ESPLAR (2000), não mostram uma possível causa para esse quadro, o que pode servir como alerta para posteriores estudos.

Sans (2000) mostrou que os indicadores do solo podem ser utilizados em áreas distintas, independente da diversidade de situações que prevaleçam entre diferentes locais, ou seja, os indicadores do solo funcionam como um pacote fixo, independente das condições diferentes entre propriedades. Porém, é importante fazer com que o produtor, pelo manejo da cultura no campo, tenha percepção direta dos dados, ou seja, da interpretação e do compromisso com a aplicação dos dados escolhidos. Daí a importância da escolha dos indicadores que mais se adaptem ao produtor e à propriedade.

É válido ressaltar novamente, a importância da incorporação de resíduos de origem vegetal e animal, já que as áreas que apresentaram teores mais elevados de P (áreas 1 e 2), fazem uso desses compostos. Vê-se também, a importância de especificar níveis críticos, ou indicadores críticos em cada propriedade, tentando transformar os indicadores do solo, em índices de sustentabilidade, conservando os recursos naturais e satisfazendo as necessidades do produtor.

Os valores de soma de bases (SB) aumentaram de 9,1 para  $15,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, na área 1, tendo sido observada, também, uma tendência de aumento nas áreas 2 e 5 (Figura 3). O aumento nos valores de SB nas áreas 1 e 5, mostraram-se uniformes para as três profundidades em estudo. A área 2, apresentou a maior evolução de SB, na camada inferior (20-30 cm). O incremento de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na constituição da matéria orgânica, pode ter favorecido o aumento nos valores de SB

n essas áreas. De acordo com Souza (2000), a evolução dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em solos submetidos a manejo orgânico durante 10 anos, foi de  $3,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e  $0,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente. As áreas 3, 4 e 6 apresentaram diminuição nos valores de SB, sendo mais significativo nas áreas 4 e 6. Esses baixos valores de SB, podem estar associados a perdas ou lixiviação de nutrientes como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ .

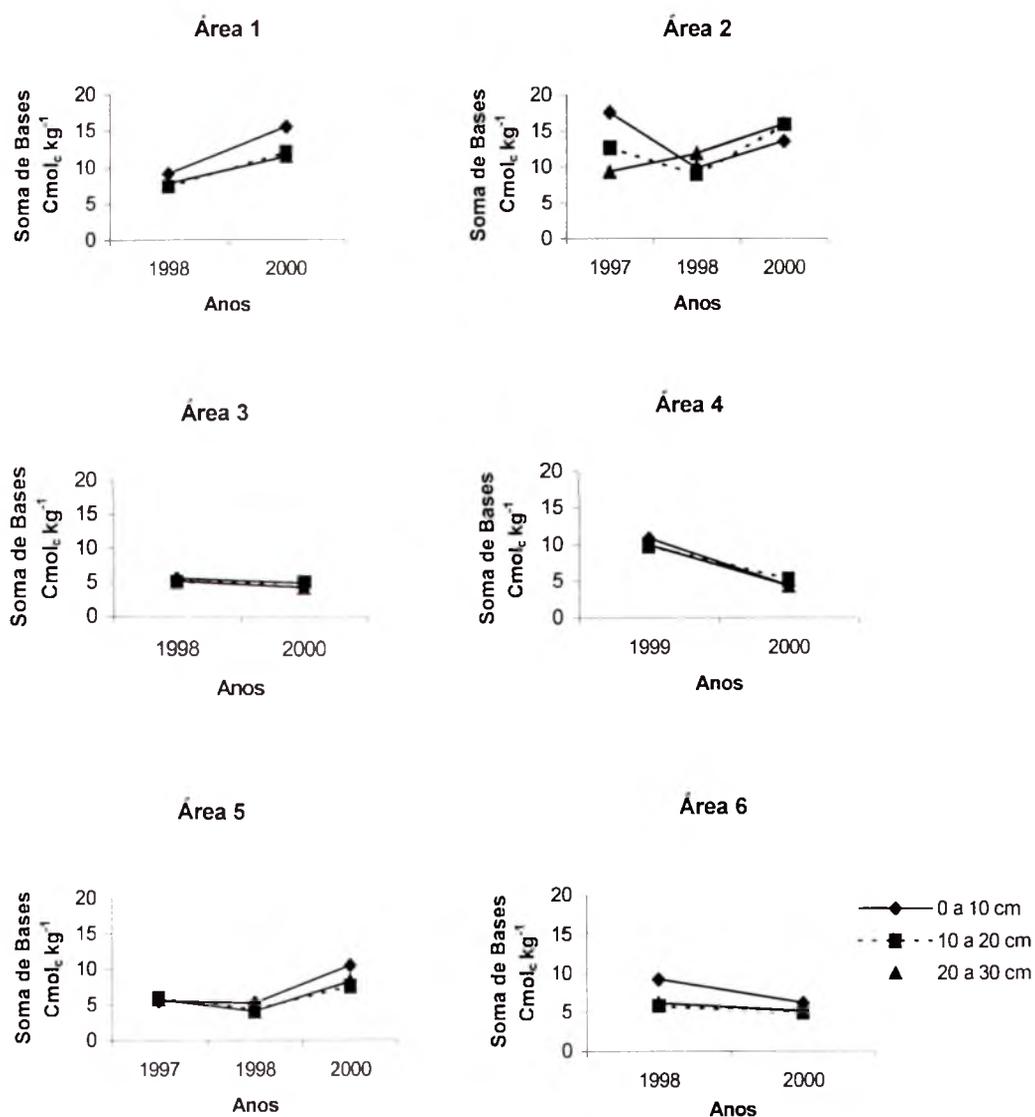


Figura 3. Teores de soma de bases do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.

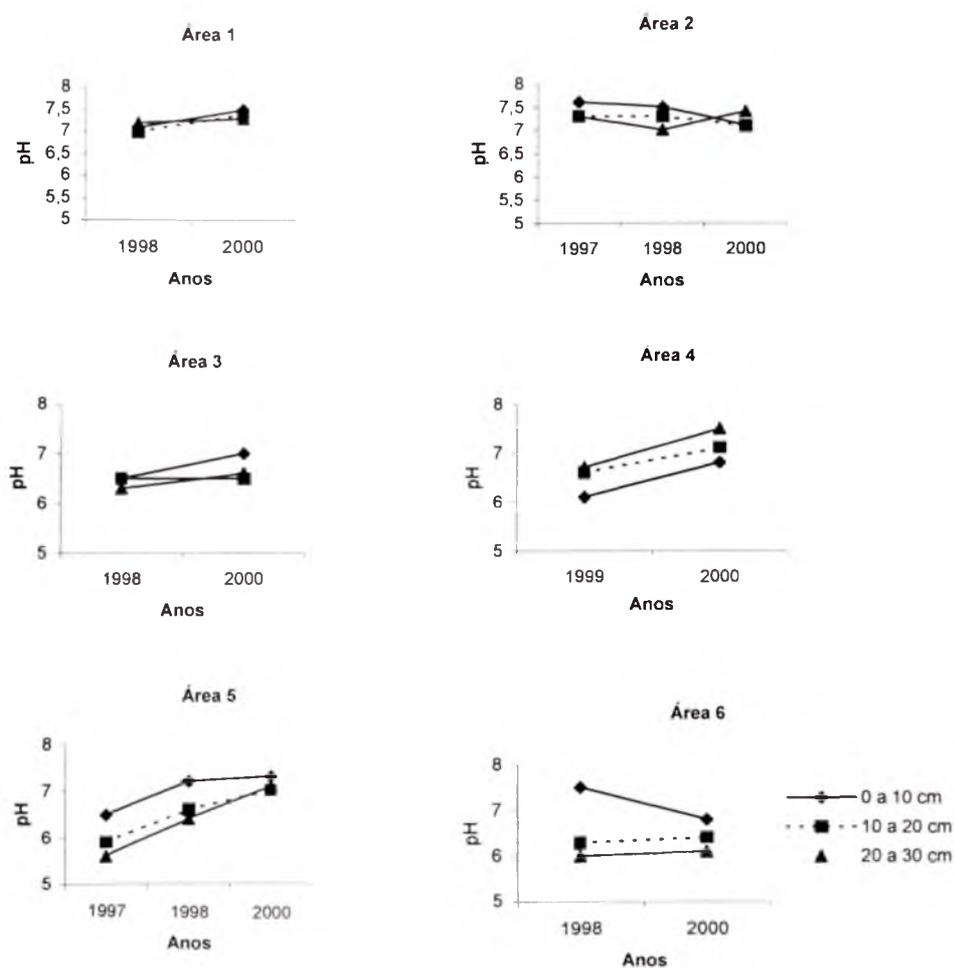


Figura 4. Valores de pH do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.

As áreas 1 e 3 apresentaram elevação do pH, principalmente na camada de 0-10 cm (Figura 4). Os valores de pH referentes à área 2 na camada de 0-10 cm, diminuíram de 7,6 em 1997 para 7,1 (próximo à neutralidade) no ano 2000, tendo essa tendência sido observada também na camada de 10-20 cm (Figura 4). Já a camada de 20-30 cm, teve um comportamento inverso, aumentando de 7,0 no ano de 1998 para 7,4 em 2000. Pode-se atribuir esse fato ao teor de bases do solo encontrado na camada de 20-30 cm (Quadro 6).

As áreas 4 e 5 apresentaram pequena variação no valor do pH, e a área 6 mostrou uma queda apenas na camada superficial. Em geral, as variações nos valores do pH do solo podem estar associadas a outras características químicas do solo, como o teor de matéria orgânica (Tomé Jr., 1997), e os conteúdos de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo (Kiehl, 1979), e, também a outras características do ambiente, como a intensidade de chuvas (Hernani et al., 1999). Segundo Raij (1991), a decomposição aeróbica da matéria orgânica adicionada ao solo, inicialmente, pode provocar uma alcalinização (aumento do pH), sendo, porém, esse efeito temporário.

Os valores da relação C/N referem-se somente às áreas 2 e 5 (Figura 5), devido à falta de informações sobre essa variável nas demais áreas, nos anos anteriores a 2000. As duas áreas apresentaram diminuição na relação C/N, entre os anos de 1997 e 2000 (Figura 5). Uma relação C/N alta processará sobre a matéria orgânica uma decomposição lenta, provocada pelo maior índice de carbono do que de nitrogênio. A queda na relação C/N nas duas áreas pode estar associada, também, aos tipos de consórcios utilizados, com a presença de leguminosas (Quadro 3), o que pode ter favorecido o aumento de nitrogênio no solo.

Em geral as áreas 1, 2 e 5 apresentaram aumento nos teores de carbono orgânico, fósforo e de bases trocáveis ao longo dos anos, tendo o inverso sido observado nas áreas 4 e 6, que apresentaram características químicas desfavoráveis em relação às outras áreas. Trabalhos citados por diversos autores (Souza, 2000; Clark et al., 1998) mostram que só foram encontrados dados significativos, em áreas de cultivo orgânico, após 9 ou 10 anos de cultivo.

Segundo Sans (2000), interpretar as medidas obtidas a partir de um indicador, para avaliar as tendências de mudanças periódicas ou ao acaso, tem sido o maior desafio para pesquisadores e manejadores do solo.

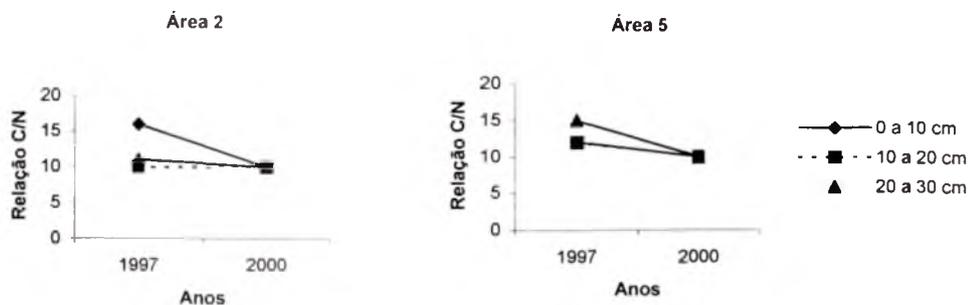


Figura 5. Valores da relação C/N do solo, no período de 1997 a 2000, nas áreas de cultivo orgânico, instaladas por agricultores no município de Tauá – CE.

De acordo com Reijntjef et al. (1993), os problemas da agricultura no mundo, referem-se fundamentalmente, aos aspectos econômicos e ecológicos, sendo que esses problemas advêm da exploração excessiva da terra, da ampliação das áreas cultivadas e do desmatamento, podendo ainda, ocasionar problemas ambientais com o uso crescente de pesticidas e fertilizantes químicos. Daí a importância do estudo de áreas cultivadas em bases agroecológicas no Estado do Ceará, proporcionando ao pequeno agricultor formas de manejar o solo sem agredir o meio ambiente.

#### 4.5. Macro e Mesofauna do Solo

A diversidade da macro e mesofauna do solo também foi utilizada neste trabalho como indicador da qualidade do solo, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional. A identificação dos invertebrados representantes da macro e mesofauna foi realizada a nível de ordem, com diferenciação entre formas jovens e adultas. Compreende-se por mesofauna os indivíduos invertebrados de tamanho médio entre 0,2-10 mm. Já a macrofauna agrupa invertebrados maiores que 1 cm (Aquino, 1999).

É evidente, pelos dados apresentados, que as áreas sob cultivo orgânico com números totais de indivíduos  $m^{-3}$  de solo iguais a 40.250 (Área 3), 38.750 (Área 5), 10.750 (Área 1), 10.500 (Área 4), 4.500 (Área 2) e 4.000 (Área 6), considerando as três profundidades de solo estudadas, foram bem superiores às áreas sob cultivo convencional, onde foram encontrados 2.500, 1.250 e 1.250 indivíduos  $m^{-3}$  de solo, nas áreas 7, 9 e 8, respectivamente (Figura 6). Esses dados estão de acordo com observações feita por outros autores (Aquino et al., 2000).

Nas áreas sob cultivo orgânico, cerca de 80 % de toda a fauna ocorreu na profundidade de 0 a 10 cm, possivelmente devido às melhores condições de aeração e disponibilidade de alimento. Entre as áreas de cultivo orgânico, as que mais se destacaram foram as áreas 5 e 3. Percebe-se que há uma possível correlação entre a área que apresentou o maior número de indivíduos (área 5), e o tempo que a mesma vem sendo trabalhada de forma orgânica. Contudo, a área 2 que também vem sendo cultivada em bases orgânicas desde de 1997, não apresentou os mesmos resultados, devido ao uso de práticas de manejo como, aração e gradagem. De acordo com Bayer & Mielniczuk (1999), o revolvimento do solo reduz em 85 % o teor de matéria orgânica.

Entre as áreas convencionais, foi encontrada uma pequena quantidade de indivíduos, que se fizeram mais presentes na camada intermediária do solo, que varia de 10 a 20 cm (Figura 6), podendo, estar associado ao uso de produtos químicos (Quadro 3).

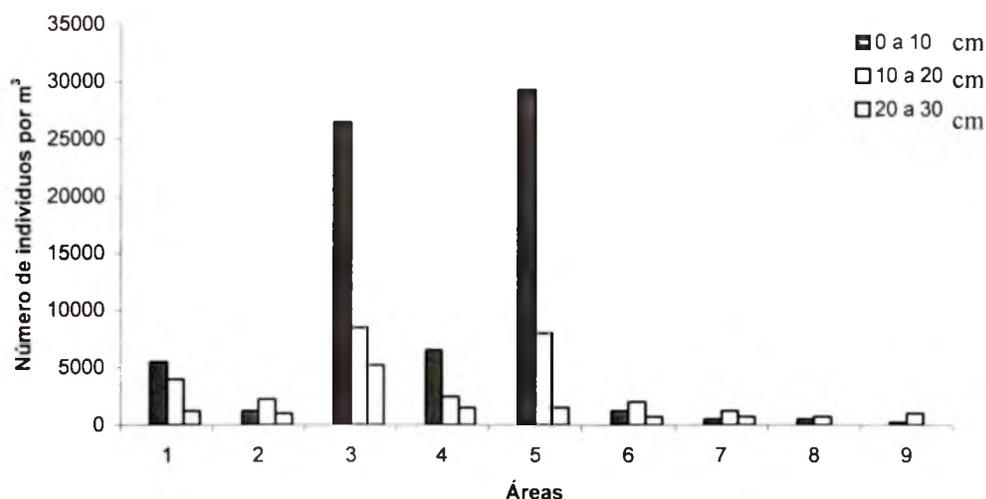


Figura 6. Densidades de macro e mesofauna do solo, em amostras coletadas nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional, por agricultores no município de Tauá – CE (abril de 2000).

Em áreas com sistema de cultivo orgânico e convencional praticamente metade da comunidade encontrada foi de indivíduos na forma jovem (larvas) (69.250 ind.  $m^{-3}$ ). 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 coleóptero (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 pela hymenoptera (500 ind.  $m^{-3}$ ) e a isoptera (250 ind.  $m^{-3}$ ), não sendo encontrada a ordem anelídea (Figura 6).

Observa-se que a maior concentração de cupins (isoptera), formigas (hymenoptera) e anelídeos foram encontrados nas áreas orgânicas (Figura 7). Mais de 50% de anelídeos foram encontrados na área 1 e em torno de 10% na área 2 e 6. Já na área 3, foi detectada apenas a presença de coleópteros e larvas. No que diz respeito à gênese do solo, as ordens isopteras, hymenopteras e anelídeos são as principais responsáveis pela formação da estrutura do solo, sendo esses indivíduos também, os responsáveis pela transferência de material orgânico da superfície para o interior do solo, contudo, não se sabe até que ponto a presença desses indivíduos é benéfica. As áreas convencionais apresentaram predominância de larvas e coleópteros.

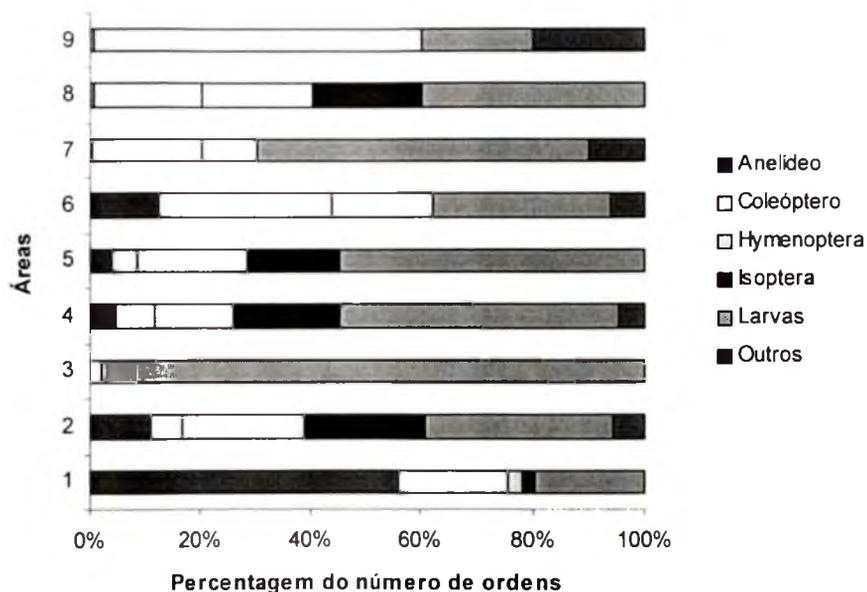


Figura 7. Percentagem relativa das principais ordens da comunidade de macro e mesofauna do solo, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional no município de Tauá – CE (abril de 2000).

Com base nos dados obtidos, vê-se que as condições do ambiente-solo, nos sistemas orgânicos favoreceram a macro e mesofauna do solo, mas não promoveram maior biodiversidade. O papel desses indivíduos no solo, merece estudos mais aprofundados, uma vez que já foi evidenciada, em certos casos, que o excesso de atividade pode provocar danos severos à cultura.

Conforme estudos realizados nessa área, no ano de 1997 (Lima et al., 1997), as áreas orgânicas apresentavam uma expressiva diversidade biótica, tanto no que se refere às plantas cultivadas como às nativas e à fauna benéfica, essa última estimulada pela total ausência de agrotóxicos, sendo constatadas presenças abundantes de organismos pertencentes à macro e mesofauna do solo.

Na serapilheira (Figura 8), observa-se que não foi apresentado o mesmo comportamento identificado no solo. Deve-se ressaltar que a área orgânica com maior número de invertebrados, foi à área 5, seguida das áreas 1, 4, 2, 3 e 6. A área 5, vem sendo cultivada em bases orgânicas desde do ano de 1997, o que pode ser indicativo das condições favoráveis desse sistema à uma maior diversidade de invertebrados. 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 áreas orgânicas. Entretanto, essa diferença foi pequena quando refere-se à densidade de indivíduos encontrados na área 9, já que a mesma permaneceu em pousio durante 12 anos.

Nota-se que nas áreas que apresentaram o maior número de indivíduos na serapilheira, há também uma maior variabilidade quanto ao número de ordens encontradas (Figura 9). A importância da macro e mesofauna na serapilheira advém do fato desses indivíduos influenciarem nos processos do solo, através da escavação, e/ou ingestão e transporte do material mineral e orgânico do solo.

Grande parte dos indivíduos encontrados na serapilheira das áreas orgânicas e convencionais, enquadram-se dentro da categoria epigeicas (espécies que vivem e se alimentam na superfície do solo), tendo como principais representantes as ordens de coleópteros e isópteros, as quais, vivem e se alimentam da serapilheira (Aquino, 1999).

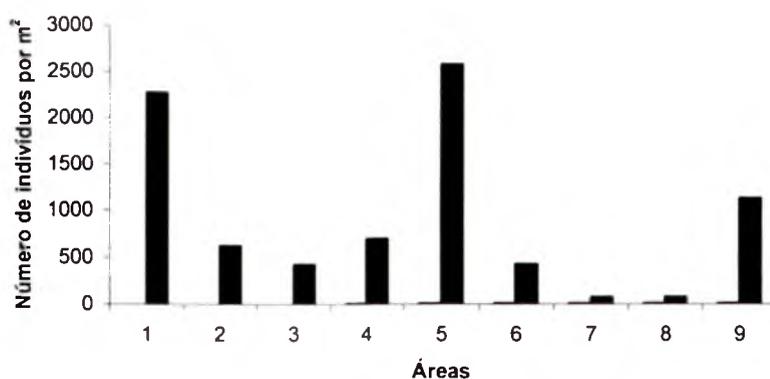


Figura 8. Número de indivíduos da comunidade de macro e mesofauna encontrados na serapilheira, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional, por agricultores no município de Tauá – CE (abril de 2000).

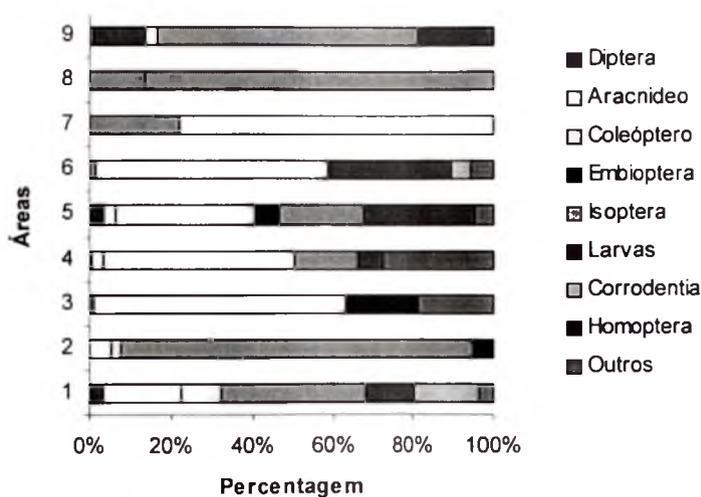


Figura 9. Percentagem relativa das principais ordens da comunidade de macro e mesofauna encontrada na serapilheira, em áreas com cultivo de algodão orgânico e convencional no município de Tauá – CE (abril de 2000).

A percentagem relativa de ordens encontradas na serapilheira, diferiu entre as áreas com cultivo orgânico e convencional. Nota-se que a área orgânica apresentou maior diversidade de indivíduos (Figura 9). É importante destacar que o maior representante da ordem dos coleópteros, nos dois tipos de cultivo, é o bicudo, praga do algodoeiro. De acordo com dados do ESPLAR (1998) as áreas de cultivo orgânico fazem o controle biológico do curuquerê, através de liberações inundativas da micro vespa (*Trichogramma* sp).

A maior abundância de indivíduos foram encontradas nas áreas orgânicas (Figura 9) confirmando, de acordo com os dados de diversidade biótica expressiva, encontrada por Lima et al., (1997) nessa mesma área, um crescimento constante da diversidade da fauna, tanto no solo como na serapilheira. Esse fato é de extrema importância para que seja estabelecido um equilíbrio nesse ecossistema, já que a produção orgânica de algodão esbarra em alguns problemas, como o controle biológico de pragas do algodoeiro. Dados publicados por Swezey et al. (1999) mostram a abundância e o benefício de insetos predadores, em áreas de cultivo orgânico, quando relacionadas a áreas convencionais.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos, pôde-se concluir que :

1. As áreas orgânicas 1, 2 e 5 apresentaram níveis de nutrientes no solo superiores às áreas de cultivo convencionais (7, 8 e 9), e às demais orgânicas (3, 4 e 6).

2. O sistema de cultivo orgânico, durante os anos de 1997 a 2000, promoveu melhorias nas propriedades químicas analisadas, principalmente, nas áreas em que o sistema de cultivo orgânico foi implantado há mais tempo e onde foram feitas aplicações de esterco animal, sendo obtidos aumentos nos teores de carbono orgânico, fósforo, soma de bases e diminuição na relação C/N.

3. As condições do ambiente-solo, no sistema orgânico favoreceram a macrofauna e mesofauna do solo, promovendo maior diversidade de indivíduos nas áreas orgânicas do que nas convencionais, e na serapilheira do que no solo.

Este estudo indicou que as áreas de produção orgânicas têm maior capacidade de promover uma melhor qualidade do solo, comparadas com as áreas de produção convencional, principalmente pelo uso de rotação de culturas, aplicação de fertilizantes orgânicos, redução de tratos culturais, promovendo desta forma, o aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALLISON, F.E. The organic matter content of soils. In: Soil organic matter and its role in crop production. New York, Elsevier, 1973. p.120-33.
- ANDERSON, J.M. & INGRAM, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. ISSS, 1993. p.16-18.
- ANDERSON, J.M. Invertebrate-mediated transport process in soils. Agric. Ecosyst. Environ., 24:5-14, 1988.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.S. & OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. R. Bras. Ci. Solo, 24: 609-620, 2000.
- AQUINO, A.M. Meso e macrofauna do solo e sustentabilidade agrícola perspectivas e desafios para o século. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. Anais. Brasília, SBCS, 1999.(CD-ROM).
- 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, UFSM/SBCS, 2000. (CD-ROM).

- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo – sistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, 1999. p.9-25.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. & MARTINL-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. R. Bras. Ci. Solo, 24: 599-607, 2000.
- BELTRÃO, N.E.M. & AZEVEDO, D.M.P. Defasagem entre as produtividades reais e potencial do algodoeiro herbáceo: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais. EMBRAPA-CNPA, Campina Grande, 1993. 108p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 39).
- BRADY, N.C. & WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 12 ed. New Jersey, Prentice Hall, 1999. 881p.
- 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. Agronomy Journal, 90:662-67, 1998.
- COLOZZI FILHO, Arnaldo. Biomassa microbiana do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. Anais. Brasília, SBCS, 1999.(CD-ROM).
- CORREIA, M.E.F. Organização de comunidades da fauna de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, SBCS, 1997.(CD-ROM).
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA, 35:3-21, 1994.
- DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Palestra. Rio de Janeiro, SBCS, 1997.(CD-ROM).

- DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M. & LIEBIG, M. Soil health and sustainability. In: SPARKS, D. L. *Advances in Agronomy*, 56:1-54, 1996.
- 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, Canada, 1993. p.15-24.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. A cultura do algodoeiro arbóreo. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 1981. 12p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 3).
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos e análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro - RJ, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documento,1).
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 1999a. 412p.
- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília. 1999b. 370p.
- ESPLAR, Pesquisa & desenvolvimento de propostas agroecológicas de cultivo do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), com agricultores familiares do nordeste semi-árido. (Proposta de pesquisa). ESPLAR. Fortaleza, 1996.
- ESPLAR, Pesquisa & desenvolvimento de sistemas agroecológicos de cultivo do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), com agricultores familiares do semi-árido cearense. Relatório de Andamento das Atividades. ESPLAR. Fortaleza, 2000.
- ESPLAR, Pesquisa & desenvolvimento de sistemas agroecológicos de cultivo do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), com agricultores familiares do semi-árido cearense. Relatório de Andamento das Atividades. ESPLAR. Fortaleza, 1998.
- FERNANDES, V.L.B. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza, UFC, 1993. 247p.
- FRASER, P.M. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna In: PANKHURST, C. E., DOUBE, B. M., GRUPTA, V. V. S. R. *Soil biota: management in sustainable farming systems*. Melbourne, CSIRO Press, 1994. p.125-132

- GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; DORAN, J.W.; PANKHURST, C.E. & DWYER, L.M. Biological attributes of soil quality In: GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R. Soil quality for crop production and ecosystem health. Amsterdam, Elsevier, 1997. p.81-113.
- HABERERN, J. A soil health index. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47(1):6, 1992.
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H. & SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:145-154, 1999.
- HILLEL D. Soil and water physical principles and processes. 3.ed. New York: Academic Press, 1972. 288p.
- INGRAM, R.E.; TROFYMOW, J.A.; INGRAM, E.R. & COLEMAN, D.C. Interactions of bacteria, fungi and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecol. Monogr.* 55:119-140, 1985.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F. & SCHUMAN, G. E. Soil quality. A concept, definition, and framework for evaluation. *SSSA*, 61:4-10, 1997.
- KIEHL, E. J. Manual de edafologia. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- 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. *SSSA*, 35:37-51, 1994.
- LEE, K.E. & FOSTER, R.C. Soil fauna and soil structure. *Aust. J. Soil Res.*, 29:745-775, 1991.
- LEMOES, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3.ed. Campinas, SBCS, 1996. 84p.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. 2ed. Piracicaba, 2000. 509p.
- 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. Contribuição à regionalização do ensino da pedologia em microrregião afetada pela desertificação. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 1999. 38p. (Monografia).
- LIMA, P.B.F. & JOCA, T.H.P. Manejo ecológico do algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* Marie Galante Hutch.) visando a convivência produtiva com o bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman), ESPLAR. Fortaleza, 1990. 20p (**Projeto de Pesquisa**).
- 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.
- MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. R. Bras. Ci. Solo, 23:257-263, 1999.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo – sistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, 1999. p.2-8.
- MIKLÓS, A.A.W. Conceito ecológico do solo: o papel da biodiversidade na organização e dinâmica da cobertura pedológica. Curso de agricultura ecológica, I. Campinas, CTAE/SAA, 1995. p.41-54.
- MOTA, F.O.B. & OLIVEIRA, J.B. Mineralogia de solos com excesso de sódio no Estado do Ceará. R. Bras. Ci. Solo, 23:799-806, 1999.
- NASCIMENTO, P.C. & LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. R. Bras. Ci. Solo, 23:121-125, 1999.
- NAVARRO, M.G.M. Agroecologia: bases teóricas para uma história agrária alternativa. In: Agroecologia e desenvolvimento. Ano II n.2, 1994 (ASPTA).
- PABIN, J.; LIPIEC, J.; WLODEK, S.; BISKUPSKI, A. & KAUS, A. Critical soil bulk density and strength for pea seedling root growth as related to other soil factors. Soil Tillage Res., 46:203-208, 1998.

- 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.
- PAPENDICK, R.I. & PARR, J.F. Soil quality: the key to a sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7:2-3, 1992.
- RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- REIJNTJEF, C.; HAVERKORT, B. & BAYER, A.W. Agricultura para o futuro. ASPTA, Rio de Janeiro, 1993. 324p.
- RODALE INSTITUTE. INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE ASSESSMENT AND MONITORING OF SOIL QUALITY, Emmaus, 1991. Rodale Press, 1991. p.11-13.
- ROSADO, A.S. Diversidade microbiana e qualidade do solo In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. Anais. Brasília, SBCS, 1999.(CD-ROM).
- SALASSIER, B. Manual de irrigação. 6 ed. Viçosa, UFV, 1995. 657p.
- SAMPAIO, D. & XAVIER, R.P. Municípios do Ceará. Fortaleza, 1994.
- SANS, L.M.A. Avaliação da qualidade do solo. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JR. R.N.; ROMERO, R.E. & SILVA, J.R.C. Agricultura sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza, UFC, Viçosa: SBCS, 2000. p.170-213.
- SANTANA, D.P. & BAHIA FILHO, A.F.C. Indicadores da qualidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. Anais. Brasília, SBCS, 1999.(CD-ROM).
- SILVA, J.R.C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JR. R.N.; ROMERO, R.E. & SILVA, J.R.C. Agricultura sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza, UFC, Viçosa: SBCS, 2000. p.170-213.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (SSSA). Statement on soil quality. *Agronomy News*, 1995.
- SOUZA, J.L.A. fertilidade de solos sob manejo orgânico. *Boletim Informativo – SBCS*. 25:14-16, 2000.

- STEVENSON, F.J. Húmus chemistry, gênese, composition, reaction. New York, John Wiley & Sons, 1982. 443p.
- SWEZEY, S.L.; GOLDMAN, P.; JERGENSEN, R & VARGAS, R. Preliminary studies show yield and quality potential of organic cotton. California Agriculture, 53(4):9-16, 1999.
- TOMÉ JR., J.B. Manual para interpretação de análise de solo. Agropecuária. Guaíba, 1997. 247p.