

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DA FITOMASSA DO MILHETO SOBRE AS PROPRIEDADES  
FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM NITOSSOLO VERMELHO E NA  
PRODUTIVIDADE DA SOJA CULTIVADA EM SISTEMA DE  
SEMEADURA DIRETA EM BOTUCATU-SP**

**SANDRO ROBERTO BRANCALIÃO**

**Orientador: Profa. Dra. Maria Helena Moraes**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP -  
Câmpus de Botucatu, para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia - Área de  
Concentração em Agricultura.

BOTUCATU - SP  
2002

## SUMÁRIO

|                                                            | Página |
|------------------------------------------------------------|--------|
| LISTA DE QUADROS.....                                      | III    |
| LISTA DE FIGURAS.....                                      | V      |
| 1 RESUMO.....                                              | 1      |
| 2 SUMMARY.....                                             | 3      |
| 3 INTRODUÇÃO.....                                          | 5      |
| 4 REVISÃO DE LITERATURA.....                               | 7      |
| 5 MATERIAL E MÉTODOS.....                                  | 16     |
| 5.1 Localização e Caracterização da Área Experimental..... | 16     |
| 5.2 Histórico da Área.....                                 | 18     |
| 5.3 Tratamentos e Delineamento Experimental.....           | 19     |
| 5.4 Amostragem de Solo e Plantas.....                      | 20     |
| 5.5 Determinação das Propriedades Físicas do Solo.....     | 20     |
| 5.6 Determinação dos Componentes da Produção.....          | 22     |
| 5.7 Cultura do Milheto.....                                | 22     |
| 5.8 Cultura da soja.....                                   | 23     |
| 5.9 Análises Estatísticas.....                             | 24     |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                              | 29     |
| 6.1 Propriedades Químicas.....                             | 29     |
| 6.1.1 Matéria orgânica.....                                | 29     |
| 6.1.2 Capacidade de troca catiônica.....                   | 31     |
| 6.1.3 Bases trocáveis (K, Ca e Mg).....                    | 33     |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 6.2 Propriedades Físicas.....                            | 39 |
| 6.2.1 Densidade do solo.....                             | 39 |
| 6.2.2 Porosidade total do solo.....                      | 41 |
| 6.2.3 Grau de flocculação do solo.....                   | 44 |
| 6.2.4 Diâmetro médio ponderado de agregados do solo..... | 47 |
| 6.3 Cultura do Milheto (1999).....                       | 50 |
| 6.4 Cultura da Soja (1999/2000).....                     | 54 |
| 7 CONCLUSÕES.....                                        | 60 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                        | 61 |

## LISTA DE QUADROS

| Quadro                                                                                                                                                                                | Página |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1    Análise química do solo antes da instalação do experimento.....                                                                                                                  | 17     |
| 2    Análise física do solo antes da instalação do experimento.....                                                                                                                   | 17     |
| 3    Dados pluviométricos mensais (mm) na Fazenda Experimental Lageado no período experimental.....                                                                                   | 18     |
| 4    Cronograma de execução do experimento, para a cultura do milheto, em função das épocas de semeadura e manejos de fitomassa para o ano de 1999.....                               | 23     |
| 5    Médias da interação época x manejo para os teores de matéria orgânica do solo ( $\text{g.dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m.....               | 30     |
| 6    Médias da interação época x manejo para a capacidade de troca catiônica do solo ( $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m..... | 32     |
| 7    Médias da interação época x manejo para os teores de potássio do solo ( $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m                | 34     |
| 8    Médias da interação época x manejo para os teores de cálcio do solo ( $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m.....             | 36     |

|    |                                                                                                                                                                        |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9  | Médias da interação época x manejo para os teores de magnésio do solo ( $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m..... | 38 |
| 10 | Médias da interação época x manejo para densidade do solo ( $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m.....                 | 40 |
| 11 | Médias da interação época x manejo para porosidade total do solo ( $\text{dm}^{-3}.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m.....     | 42 |
| 12 | Médias da interação época x manejo para o grau de floculação do solo (%) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m.....                                 | 44 |
| 13 | Médias da interação época x manejo para o diâmetro médio ponderado do solo (mm) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m.....                          | 48 |
| 14 | Médias da interação época x manejo para a produção de matéria seca do milho (t/ha) e para produtividade de soja (kg/ha), Botucatu, SP.....                             | 56 |

## LISTA DE FIGURAS

| Figura |                                                                                                                                  | Página |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1      | Época 3 de semeadura do milho (15 DAS).....                                                                                      | 25     |
| 2      | Desenvolvimento da cultura do milho na segunda época de semeadura (5-10% de emissão de panículas).....                           | 26     |
| 3      | Manejo 2 da segunda época de semeadura do milho, a cada florescimento e permanência da fitomassa.....                            | 26     |
| 4      | Resteja do milho referente ao Manejo 2 na segunda época de semeadura da cultura.....                                             | 27     |
| 5      | Cultura da soja aos 15 DAS, semeada em sucessão ao Manejo 4, na primeira época de semeadura do milho.....                        | 27     |
| 6      | Desenvolvimento da cultura da soja (60 DAS) em sucessão a segunda época de semeadura do milho.....                               | 28     |
| 7      | Matéria seca (t/ha) em função dos diferentes manejos adotados, na época 1 (E <sub>1</sub> ) de semeadura do milho.....           | 53     |
| 8      | Matéria seca (t/ha) em função dos diferentes manejos adotados, na época 2 (E <sub>2</sub> ) de semeadura do milho.....           | 53     |
| 9      | Matéria seca (t/ha) em função dos diferentes manejos adotados, na época 3 (E <sub>3</sub> ) de semeadura do milho.....           | 54     |
| 10     | Produtividade (kg/ha) da soja em função dos diferentes manejos adotados, na época 1 (E <sub>1</sub> ) de semeadura do milho..... | 58     |

|    |                                                                                                                                    |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11 | Produtividade (kg/ha) da soja em função dos diferentes manejos adotados, na época 2 (E <sub>2</sub> ) de semeadura do milheto..... | 58 |
| 12 | Produtividade (kg/ha) da soja em função dos diferentes manejos adotados, na época 3 (E <sub>3</sub> ) de semeadura do milheto..... | 59 |

## **1 RESUMO**

O experimento, conduzido em Nitossolo Vermelho distroférico, na Fazenda Experimental Lageado – FCA - UNESP – Botucatu, desde fevereiro de 1999 até outubro de 2000, teve por objetivo estudar no sistema de semeadura direta, o efeito da cultura do milheto sob condição não irrigada, em três épocas de semeadura e sob cinco manejos da fitomassa, na cultura da soja, e nas propriedades físicas e químicas do solo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram representadas por três épocas de semeadura da cultura do milheto ( $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_3$ ). Dentro de cada época, foram distribuídas as repetições, totalizando 20 parcelas, sendo cada uma constituída por 9,0 m de comprimento e 3,0 m de largura (27,0 m<sup>2</sup> de área total). Dessa forma, obteve-se as subparcelas que foram representadas por manejos de ceifa da fitomassa, sendo: Manejo 1 ( $M_1$ ) – ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; Manejo 2 ( $M_2$ ) – ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; Manejo 3 ( $M_3$ ) – ceifa no florescimento e



retirada da fitomassa; Manejo 4 ( $M_4$ ) – ceifa no florescimento e permanência da fitomassa e manejo 5 ( $M_5$ ) – livre crescimento, sem ceifar. Foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e indeformada para realização das análises físicas e químicas. Tanto para a análise física quanto para a química, as mesmas profundidades foram amostradas: 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Em relação as culturas, avaliou-se a produtividade e produção de matéria seca da soja e do milho, respectivamente. A segunda época de semeadura do milho resultou em condições mais adequadas para as propriedades físicas do solo, com menores valores de densidade do solo, maior porosidade total e maior grau de floculação. O manejo 4 da primeira época de semeadura promoveu melhoria no diâmetro médio ponderado dos agregados do solo. A época  $E_2$  apresentou melhores condições para semeadura da cultura da soja. A época de semeadura e sistema de manejo interferiram no desenvolvimento do milho

EFFECT OF MILLET DRY MATTER ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF A “NITOSSOLO VERMELHO”, AND ON SOYBEAN PRODUCTIVITY CULTIVATED UNDER A NOTILLAGE SYSTEM AT BOTUCATU, SP. Botucatu, 2002. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SANDRO ROBERTO BRANCALIÃO

Adviser: MARIA HELENA MORAES

Co-adviser: LEANDRO BORGES LEMOS

## 2 SUMMARY

This work was carried out at Lageado Experimental Estation – FCA-Unesp – Botucatu, from February 1999 until October 2000, consisting in a millet – soybean rotation, in a notillage system, in dryer system conditions, at three seedtimes, on the physical properties of a “Nitossolo Vermelho Distroférico”, cultivated with soybean. The experimental design used was randomized blocks, in a split-plot schedule with 4 replications, having the seedtime as parcel and harvest handling as subparcel. Each parcel was constituted by 9,0 m of length and 3.0 m of width (27, 0 m<sup>2</sup> of total area), where the harvest handling were 1 (H<sub>1</sub>) – harvest each blooming and covering withdrawal; 2 (H<sub>2</sub>) - harvest each blooming and covering permanency; 3 (H<sub>3</sub>) - harvest on blooming and covering withdrawal; 4 (H<sub>4</sub>) - harvest on blooming and covering permanency, and 5 (H<sub>5</sub>) – free growing, with no harvest. The parcels were constituted by 3 seedtimes (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub>), with 20 days of difference among them. Complete samplings were done by the lump parafinnated method, at the end of the experimental period for bulk density determination. The other parameters measured were: particle density, total

clay, total porosity, disperse clay, flocculation degree and aggregation stability (dry sieving) and ponderated average diameter. Chemical and physical analyses were performed on Departamento de Ciência do Solo, in different depths (0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 and 0,20-0,40 m), with the objective of to correlate the chemical analyses results with the physical parameters evaluated. In relation to the crops, productivity and total dry matter were evaluated on the soybean and pearl millet, respectively. According to the results, the second seedtime ( $S_2$ ) of millet results in better conditions on the physical properties of soil, with low values of bulk density, hight total porosity and high flocculation degree. The fourth harvest handling ( $H_4$ ) of first seedtime ( $S_1$ ) showed improvement of soil agregate stability. The second seedtime ( $S_2$ ) showed better conditions to tillage of soybean. The seedtime and harvest handling system interfered in millet development.

---

**Keywords:** millet, seedtime, physical and chemical properties, soybean, notillage.

### 3 INTRODUÇÃO

A soja constitui-se na principal exploração agrícola, dentre as culturas anuais cultivadas no Brasil, seguida pelo milho, arroz e feijão. Essas culturas são as que mais demandam operações de preparo de solo contribuindo para problemas causados pelas alterações nas propriedades físicas e químicas do solo.

A maioria dos agricultores efetua uma gradagem imediatamente após a colheita da soja e do milho, com os objetivos de incorporar os restos culturais e manter a área com baixa infestação de plantas daninhas. Assim, os solos permanecem sem nenhuma utilização, e na maioria das vezes, ficam completamente expostos, sem vegetação durante o período da entressafra, favorecendo a ocorrência da degradação dos solos e acelerando o processo de erosão, o que dificulta a conservação de terraços aumentando o assoreamento de mananciais.

Desta forma, a maneira mais viável de equacionar o sistema seria o estabelecimento de uma cultura, na entressafra da soja, que proporcione uma cobertura vegetal e resíduos suficientes para cobrir o solo nesse período.

Para regiões como o sul do estado de São Paulo, onde o inverno é

seco, torna-se importante o desenvolvimento de técnicas que permitam o estabelecimento de diretrizes alternativas ao sistema de produção agrícola que sejam ao mesmo tempo econômicos e conservacionistas. Os diferentes sistemas de manejo influenciam a quantidade de fitomassa que é retirada ou que permanece na superfície do solo, e que tem seu reflexo nas propriedades do solo. O estudo das épocas também tem sua importância, pois permite recomendar qual é a melhor época para semeadura e, conseqüentemente, qual a melhor produção de fitomassa para as regiões que necessitam de um manejo adequado de cobertura na entressafra.

A avaliação das alterações nas propriedades físicas do solo permite recomendações adequadas quanto ao sistema de cultivo, além do emprego da época de semeadura e do manejo da cobertura de inverno mais adequado para as condições de precipitação da região. Sendo assim, com a diminuição de riscos, o produto final poderá ter custo menor.

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da cultura do milho sob condição não irrigada, em três épocas de semeadura e sob cinco manejos da fitomassa, na cultura da soja, no sistema de semeadura direta (SSD), e nas propriedades físicas e químicas do solo sob a leguminosa em sucessão com a gramínea.

#### **4 REVISÃO DE LITERATURA**

As características físicas de um solo são modificadas de acordo com o tipo de uso e cultivo a que o mesmo é submetido. Algumas mudanças ocorrem num período curto de tempo ou mesmo numa simples prática de preparo; outras, apenas com um manejo contínuo serão visíveis ou mensuráveis. Assim, se as relações de massa e volume do solo na camada arável variam a cada revolvimento, os processos de deterioração da estrutura são mais demorados (Vieira, 1981).

Relatos de literatura têm mostrado, de forma invariável, reduções no estado de agregação do solo devidas à utilização de sistemas de cultivos intensamente mecanizados (Carpenedo & Mielniczuk, 1990 e Palmeira et al. 1999). Além disso, um período maior com o solo descoberto pode causar diminuição na agregação e, conseqüentemente, no grau de estruturação do solo.

De acordo com Sá & Petrere (1995), a qualidade física de um solo influencia diretamente o crescimento das raízes, mas o estabelecimento de parâmetros ótimos de distribuição do sistema radicular de uma cultura, em determinadas condições de ambiente de cultivo, é de difícil fixação, uma vez que sofre influência, além dos aspectos fisiológicos, das interações que ocorrem entre o solo, as plantas e os outros organismos. Como a modificação ocasionada no solo pelo plantio direto engloba características físicas, alguns aspectos devem ser abordados como o tamanho e o

arranjo dos poros que determinam a capacidade de retenção de água e a aeração do solo, interferindo no crescimento do sistema radicular da planta (Cannel, 1981).

Sidiras et al. (1984), comparando o sistema de semeadura direta com o preparo convencional (aração e duas gradagens), concluíram que na semeadura direta, ainda que recente, praticamente não houve diferença na densidade do solo na profundidade de 0-25 cm.

Vieira (1981) relatou que a porosidade total e, principalmente, a macroporosidade aumentam logo após o revolvimento, enquanto que a densidade do solo diminui, tendendo a um novo equilíbrio com o correr do tempo.

O aumento da densidade do solo implica em uma redução da macroporosidade, o que afeta a troca normal de gases do ar do solo, e também a taxa de oxigênio a nível radicular (Primavesi, 1985).

Segundo Freitas (1995), o solo após alguns anos sob plantio direto sofre uma acomodação natural de suas partículas e microagregados, mantendo condições razoáveis de porosidade, aproximando-se à densidade em solo virgem.

Derpsch et al. (1991) relataram que o volume de poros tem um comportamento similar ao da densidade do solo, sendo maior o volume total de poros em preparo convencional quando comparado ao plantio direto.

Soane & Pidgeon (1975) explicam que em plantio direto há uma estabilidade de canalículos ocupados por raízes e minhocas, principalmente na direção vertical, o que em parte compensa o menor volume de macroporos. Apesar de apresentar maior quantidade de macroporos na camada superficial, o plantio convencional apresenta como desvantagem camadas compactadas abaixo da camada arável.

Centurion & Dematê (1985) observaram que o sistema de semeadura direta proporcionou maior homogeneidade estrutural do solo, e que o

aumento da intensidade de preparo do solo provocou acentuadas alterações nas propriedades físicas.

Reichert et al. (1993) comentam que o aumento nos teores de matéria orgânica do solo sob semeadura direta pode contribuir para a estabilidade dos agregados.

Tormena et al. (1998) verificaram que em sistema de semeadura direta, nos tratamentos com melhor manejo da cobertura do solo ocorre uma recuperação da estrutura do solo, atribuindo à atuação do sistema radicular da aveia, que antecedeu o cultivo da soja, e aos ciclos de secagem e umedecimento intensificados com a demanda hídrica das plantas, a melhor agregação e, conseqüentemente, o aumento na porosidade total e a redução na densidade do solo.

Segundo Baldissera et al. (1985), as raízes das monocotilêneas podem agir direta ou indiretamente sobre a estrutura do solo. Diretamente, através de pressões exercidas pelas raízes em crescimento, aproximando as partículas do solo. De forma indireta, pela desidratação do solo, provocando efeito de secamento e contração localizados, e pela produção de secreções radiculares com ação cimentante de agregados, o que acarreta uma maior aproximação das partículas do solo.

Quando comparadas entre si, as diferentes culturas plantadas na entressafra da soja em sistema de semeadura direta não propiciaram grandes diferenças nas propriedades físicas do solo, segundo Albuquerque et al. (1995); Santos & Reis (1991); Santos et al. (1994); Santos et al. (1997) e Silva & Mielniczuk (1997a), paradoxalmente à maioria dos trabalhos realizados na região sul do Brasil.

Wild (1988) comenta que os agregados podem ser quebrados ou dispersados e os poros comprimidos ou destruídos pela ação do tráfego e operações de cultivo, especialmente quando o solo encontra-se com alto teor de água, o que influencia



diretamente a porosidade total do solo, alterando suas propriedades de retenção de água. Este aspecto assume maior importância em solos argilosos do que em solos arenosos.

Faganello et al. (1998) verificaram que em sistema de semeadura direta os leitos de semeadura compostos por agregados grandes conduzem a rápida perda de umidade ao redor da semente, reduzindo a velocidade de emergência das plântulas e prejudicando a desejada uniformidade do estande final das plantas.

Silva (1998), ao estudar o crescimento radicular e nutrição da soja em função da cultura anterior e da compactação em um Latossolo Vermelho Escuro, observou que o milheto é uma das espécies com maior potencial para diminuir a resistência à penetração em solos compactados, quando comparado à aveia, mucuna, soja, sorgo e tremoço azul, sendo superado apenas pelo guandu.

A compactação do solo em subsuperfície, e o conseqüente aumento da resistência à penetração, somente terão efeito significativo na produtividade se houver, concomitantemente, limitação do fornecimento de água e/ou nutrientes às plantas (Rosolem, 1995; Nogueira & Manfredini, 1983, Torres et al., 1993).

Os restos culturais que retornam ao solo são uma importante fonte de matéria orgânica, que contribui para formação de uma estrutura estável, ajudando a manter a fertilidade em níveis mais elevados, bem como protegendo o solo contra a erosão (Robertson & Mokma, 1978 ).

Maria & Castro (1993), estudando a influência de sistemas de preparo do solo, de sucessão e rotação de culturas nos teores de fósforo, potássio e matéria orgânica, em um Latossolo Roxo em Campinas (SP), não observaram diferenças significativas nos teores de matéria orgânica na camada arável e atribuíram este fato às condições climáticas da região, com verão quente e úmido, além do inverno ser seco, condições estas que contribuem para a rápida mineralização da matéria orgânica.

Quanto aos nutrientes, a maior parte do nitrogênio e do fósforo encontra-se no solo e no húmus. Com relação aos cátions básicos, potássio, cálcio e magnésio, estes estão preponderantemente na fitomassa, sendo que a cultura do milho proporciona mais de 60% do K, que está fracamente ligado às células vegetais, sendo prontamente solúvel em água e necessitando tão somente de transformações físicas para sua disponibilização no solo, além do mais o restante do K encontra-se nos restos vegetais necessitando do ataque microbiano para sua liberação para a solução do solo (Salton & Kichel, 1998).

A capacidade de troca de cátions é uma característica do solo de grande significado para a agricultura, pois é devido a esta propriedade que os solos retêm cátions como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  e outros em menor quantidade, evitando que sejam levados pela água de percolação, ao mesmo tempo que mantém em disponibilidade para as plantas.

Segundo Prata et al. (1996) a contribuição da matéria orgânica na formação de cargas é bastante variável, sendo dependente de diversos fatores como: pH, textura, mineralogia, tipo e teor de matéria orgânica do solo.

Em solos do Estado do Paraná, foram encontrados valores variando de 14 a 70 % a respeito da contribuição da matéria orgânica na CTC (Santos Filho, 1985). Este mesmo autor conclui que as maiores contribuições da matéria orgânica ocorrem em solos arenosos, já em solos argilosos com minerais secundários de alta atividade, os reflexos na CTC não ultrapassaram 20%. Por outro lado, sabe-se que a maioria dos solos brasileiros, encontra-se com elevado estágio de intemperismo, apresentando na sua porção mineral, a predominância de argilominerais com baixa CTC, que por sua vez é influenciada pela CTC da fração orgânica. Prata et al. (1996) também conclui que solos menos intemperizados apresentam maior CTC mineral em função da

mineralogia da fração argila.

O que pode interferir também, além da quantidade de matéria orgânica, é a qualidade em que ela se encontra no solo. Segundo Canellas et al. (1999) citado por Santos & Camargo (1999) as substâncias húmicas podem se ligar a fração mineral do solo através de cátions polivalentes.

Os grupos ácidos reativos se distribuem por toda a macromolécula, dessa forma, a ligação com cátions polivalentes pode ocorrer com diferentes partículas de argila simultaneamente, como resultado aumenta-se a agregação das partículas do solo, podendo dificultar a dispersão (Piccolo & Mbagwu, 1994).

Almeida & Rodrigues (1985) relataram que devido a presença de palha e à maior estabilidade da estrutura dos solos em plantio direto, após a ocorrência das chuvas, os tratores podem entrar mais cedo no campo para preparar o solo, fazer tratamentos fitossanitários, aplicações de herbicidas e adubações de cobertura em épocas mais oportunas.

O uso de cobertura vegetal na proteção dos solos tem sido objeto de estudo, freqüentemente em regiões de clima temperado, de vários pesquisadores, dentre eles Fornstrom & Bohenk (1976), Knottnerus (1976), Dechen et al. (1981), Castro et al. (1986), Dedeczek et al. (1986), Silva *et al.* (1986), Lopes et al. (1987), Lombardini Neto et al. (1988), Pereira (1990) e Derpsch & Calegari (1992), que obtiveram resultados representativos, em virtude da menor velocidade com que a massa vegetal é decomposta. Contudo, nas regiões de clima tropical, poucos são os trabalhos de pesquisa que apresentam resultados de relativo sucesso, tendo em vista as condições de degradação da palha, que é acelerada nos trópicos (Pereira, 1990; Landers, 1995). Pereira (1990) constatou que a cobertura morta obtida com 16 espécies testadas não foi quantitativamente suficiente para a permanência da fitomassa por ocasião de semeadura

da soja.

Siqueira et al. (1997) citam que a implantação de plantas de cobertura do solo, conhecidas como adubos verdes, é uma das formas de manejo que podem reduzir a erosão hídrica, principalmente devido a redução da energia cinética das gotas de chuva, além de possibilitar economia de água e o controle de plantas daninhas.

O estudo de épocas de semeadura e manejo de ceifas dos adubos verdes, com o intuito de aumentar sua duração sem decomposição, é de peculiar importância quando abordamos a sucessão de culturas, que objetiva a capitalização mais rápida do produtor e ao mesmo tempo, proteção do solo com a palhada perante o impacto das gotas de chuva sobre o solo, que se faz muito maior em pousio, ou até mesmo, em plantio convencional.

A importância e a eficiência da rotação de culturas já é conhecida, entretanto, deve-se salientar para as diferentes rotações: aveia - milheto - soja: seqüência boa para produção de soja, devido a reciclagem de nutrientes; aveia - soja - nabo forrageiro – milho: para se obter bons rendimentos de soja e milho devido a excelentes efeitos na reciclagem de nutrientes K e N para o milho, sendo também boa opção para formação de cobertura morta ; aveia - soja – trigo : maiores rendimentos de soja e trigo.

O milheto tem se constituído em uma boa opção de cultivo no inverno, no Mato Grosso do Sul, fornecendo quantidade razoável de palha, que permite sucesso na semeadura direta da cultura posterior (Salton & Kichel, 1997). De acordo com os autores anteriormente citados, o milheto (*Pennisetum americanum* ou *P. typhoideum*), planta anual da família das gramíneas, de clima tropical, apresenta crescimento ereto com porte alto, podendo atingir até 4 ou 5 m de altura, é conhecido como pasto italiano na Região Sul do Brasil. Tem como centro de origem as savanas

africanas e apresenta capacidade de produzir grãos em condições extremamente secas e em solos de baixa fertilidade; todavia, tem boa resposta a adubações ou solos mais férteis. O ciclo da planta é de aproximadamente 130 dias. A produção de sementes varia entre 500 e 1.500 kg/ha e as variedades cultivadas atualmente são a Comum, BN-1 e BN-2.

Além do milheto apresentar características favoráveis a reciclagem de nutrientes (Salton & Hernani, 1994), a planta pode, com menos de 60 dias, alcançar cerca de 5 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca, entretanto, quanto mais tardia a semeadura, menor será a produção de palhada. Além disso, adapta-se bem as condições de inverno seco, promovendo cobertura para a superfície do solo com conseqüente benefício quanto as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Localização e Caracterização da Área Experimental**

O experimento foi instalado na área experimental do Departamento de Produção Vegetal, na Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP - Câmpus de Botucatu/SP, sendo conduzido no período de fevereiro de 1999 a agosto de 2000. As coordenadas geográficas de referência são: latitude sul 22° 49' 31" e longitude oeste 48° 25' 37". A altitude média é de 750 metros e a declividade é de 8% .

O solo foi classificado por Carvalho et al. (1983) como uma Terra Roxa Estruturada, Unidade Lageado, textura muito argilosa, atualmente Nitossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 1999), derivado de rochas eruptivas básicas pertencentes à Formação Geológica Serra Geral-Grupo São Bento (IPT, 1981). As principais características químicas e físicas do solo, antes da aplicação dos tratamentos encontram-se nos Quadros 1 e 2, respectivamente.

Quadro 1. Análise química do solo antes da instalação do experimento.

| Camada<br>m | M.O.<br>g/dm <sup>3</sup> | P resina<br>g/dm <sup>3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | K<br>-----mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ----- | Ca    | Mg    | H+Al | SB   | CTC   | V<br>% |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 0 – 0,05    | 38                        | 41,1a                         | 5,2m                    | 4,3a                                               | 27,1a | 17,1a | 41,9 | 48,5 | 90,4  | 54,0m  |
| 0,05 – 0,10 | 33                        | 37,5m                         | 4,9a                    | 3,1a                                               | 24,5a | 15,6a | 44,7 | 43,2 | 87,9  | 49,0b  |
| 0,10 – 0,20 | 34                        | 31,1m                         | 4,5a                    | 3,2a                                               | 1,5a  | 9,5a  | 67,0 | 29,2 | 96,2  | 30,0b  |
| 0,20 – 0,40 | 27                        | 20,2m                         | 4,2ma                   | 2,5m                                               | 11,4a | 5,4m  | 91,7 | 19,3 | 111,0 | 27,0b  |

a (alto), m (médio), b (baixo)

Quadro 2. Análise física do solo antes da instalação do experimento.

| Camada<br>m | Areia                           | Silte | Argila | ADA <sup>1</sup><br>g.kg <sup>-1</sup> | GF <sup>2</sup><br>% | Silte/<br>Argila | PT <sup>3</sup><br>dm <sup>3</sup> .dm <sup>-3</sup> | DMP <sup>4</sup><br>mm | Densidade<br>Solo | Partículas<br>-----Kg . dm <sup>-3</sup> ----- |
|-------------|---------------------------------|-------|--------|----------------------------------------|----------------------|------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------------------------------|
|             | -----g . kg <sup>-1</sup> ----- |       |        |                                        |                      |                  |                                                      |                        |                   |                                                |
| 0 – 0,05    | 240                             | 110   | 650    | 24,56                                  | 61,62                | 0,17             | 51,34                                                | 4,57                   | 1,45              | 2,98                                           |
| 0,05 – 0,10 | 220                             | 130   | 650    | 22,87                                  | 64,26                | 0,20             | 51,35                                                | 4,76                   | 1,44              | 2,96                                           |
| 0,10 – 0,20 | 260                             | 90    | 650    | 12,65                                  | 80,53                | 0,14             | 52,70                                                | 4,57                   | 1,40              | 2,96                                           |
| 0,20 – 0,40 | 250                             | 100   | 650    | 14,02                                  | 79,68                | 0,15             | 49,65                                                | 4,99                   | 1,43              | 2,84                                           |

<sup>1</sup>ADA: argila dispersa em água; GF<sup>2</sup>: grau de floculação; PT<sup>3</sup>: porosidade total, DMP<sup>4</sup>: diâmetro médio ponderado.

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo Cfa, subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. Os dados pluviométricos mensais para o período do experimento constam do Quadro 3.

Quadro 3. Dados pluviométricos mensais (mm) na Fazenda Experimental Lageado para o período de janeiro de 1999 a outubro de 2000.

| <b>Meses antes da<br/>semeadura</b> | <b>Precipitação<br/>mensal<br/>(mm)</b> | <b>Meses após a<br/>semeadura</b> | <b>Precipitação<br/>mensal<br/>(mm)</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| Janeiro/1999                        | 400,00                                  | Dezembro                          | 183,80                                  |
| Fevereiro                           | 203,50                                  | Janeiro/2000                      | 213,60                                  |
| Março                               | 111,00                                  | Fevereiro                         | 227,90                                  |
| Abril                               | 70,30                                   | Março                             | 162,40                                  |
| Maio                                | 44,80                                   | Abril                             | 12,10                                   |
| Junho                               | 97,50                                   | Maio                              | 10,30                                   |
| Julho                               | 16,30                                   | Junho                             | 12,80                                   |
| Agosto                              | 0,00                                    | Julho                             | 55,00                                   |
| Setembro                            | 84,40                                   | Agosto                            | 73,70                                   |
| Outubro                             | 35,30                                   | Setembro                          | 127,90                                  |
| Novembro                            | 34,20                                   | Outubro                           | 20,30                                   |
| Total                               |                                         |                                   | 1099,8                                  |

## 5.2 Histórico da Área.

A utilização da área experimental, anteriormente a sua uniformização para instalação dos tratamentos, é definida pela semeadura convencional do milho durante anos no início da década de 90 e posteriormente pela semeadura do guandu na safra de verão 1997/1998.

Após uma aração profunda, no mês de novembro de 1998 aplicou-se 3,0 t/ha de calcário dolomítico com PRNT igual a 85 %, para corrigir a camada de solo de 0-0,20 m O calcário foi incorporado através de gradagem e, posteriormente à calagem, realizou-se a aplicação de herbicida em pré plantio incorporado (Trifluralina),



visando controlar as plantas daninhas.

A adubação de semeadura constituiu-se de 300 kg/ha da fórmula comercial 8-28-16 + 0,4 Zn.

A semeadura convencional da soja foi realizada em 14 de dezembro de 1998, utilizando a cultivar IAC-17, no espaçamento de 0,50 metros, com 30 sementes por metro linear, objetivando obter população em torno de 600 mil plantas /ha.

Em 15 de fevereiro de 1999, toda a área experimental foi manejada utilizando-se dessecante, glyphosate. Portanto, o cultivo da soja em semeadura convencional objetivou apenas a uniformização da área experimental para posteriormente instalar a cultura do milho e os respectivos tratamentos.

### **5.3 Tratamentos e Delineamento Experimental**

As parcelas foram representadas por três épocas de semeadura da cultura do milho ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ), sendo: 05/03/99, 25/03/99 (vinte dias após a primeira época) e 19/04/99 (quarenta e cinco dias após a primeira época). As subparcelas foram representadas pelo manejo da ceifa da fitomassa, que está detalhado no Quadro 4. Os manejos empregados foram: manejo 1 ( $M_1$ ) - ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa (CCFR); manejo 2 ( $M_2$ ) - ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa (CCFR); manejo 3 ( $M_3$ ) - ceifa no florescimento e retirada da fitomassa (C1FR); manejo 4 ( $M_4$ ) - ceifa no florescimento e permanência da fitomassa (C1FP) e manejo 5 ( $M_5$ ) - livre crescimento, sem ceifar, até a produção de grãos (LC).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por três épocas de semeadura da cultura do milho. Cada parcela

foi constituída por 9,0 m de comprimento e 3,0 m de largura, 27,0 m<sup>2</sup> de área total, considerando como bordadura as duas linhas laterais e 0,5 m no início e final de cada parcela experimental.

#### **5.4 Amostragem de Solo e de Plantas**

Amostras com estrutura deformada e indeformada foram coletadas, entre 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, para realização das análises físicas (Embrapa, 1997) e químicas (Raij & Quaggio, 1983).

Também foram coletadas amostras com estrutura indeformada para determinação da estabilidade de agregados.

Para avaliação da produção de fitomassa ou matéria seca (t.ha<sup>-1</sup>), retirou-se, ao acaso, na área útil de cada parcela experimental, por ocasião do florescimento, três amostras de plantas em duas linhas de 0,5 m de comprimento. A estimativa da produtividade de soja foi proveniente das quatro linhas centrais de cada parcela experimental.

#### **5.5 Determinação das Propriedades Físicas do Solo**

A determinação da densidade do solo foi feita amostragens, pelo método do torrão impermeabilizado com parafina, com duas repetições por profundidade, totalizando 480 amostras. A média das duas repetições, depois de corrigido o teor de água, permitiu a determinação da densidade do solo, anteriormente à safra da soja.

A estabilidade de agregados foi obtida pelo método do

peneiramento a seco, que possibilitou o cálculo do diâmetro médio ponderado. De acordo com a equação:

$$DMP = \sum (C_{mm} \times P)$$

Onde: DMP= diâmetro médio ponderado (mm); C= centro da classe (mm); P= proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao total da amostra.

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico, possibilitando o cálculo da porosidade total, de acordo com a equação:

$P = (1 - D_s/D_p)$ , onde: P= porosidade total ( $\text{dm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ );  $D_s$ = densidade do solo ( $\text{Kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ );  $D_p$ = densidade de partículas ( $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

A análise granulométrica foi feita empregando-se o método do densímetro de Bouyoucos, com adição de NaOH 1N como dispersante.

A argila dispersa em água, também foi determinada pelo método do densímetro de Bouyoucos, sem o emprego de dispersante químico.

O grau de floculação foi obtido por cálculo, de acordo com a equação:

$GF = 100 (AT - ADA) / AT$ , onde: GF= grau de floculação (%); AT= argila total ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ); ADA= argila dispersa em água ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

## 5.6 Determinação dos Componentes da Produção

Como componentes da produção foram avaliadas a matéria seca, para a cultura do milho, e a produtividade, para a cultura da soja.

As plantas de milho foram submetidas a secagem em estufa a

60<sup>0</sup> C até atingirem massa constante. Posteriormente, foram pesadas, determinando-se a produção de fitomassa de milho por hectare. A produtividade da cultura da soja foi obtida considerando a produção de grãos (Kg), sendo determinada através do peso de 100 grãos.

## **5.7 Cultura do Milho**

No Quadro 4 estão especificados as épocas de semeadura e os manejos da fitomassa do milho.

A semeadura do milho foi realizada mecanicamente, utilizando-se a cultivar BN-2, no espaçamento de 0,20 metros com 25kg de semente/ha, misturadas a superfosfato simples na dose de 375kg/ha.

Nas Figuras 1 a 4 estão ilustrados aspectos do manejo da fitomassa do milho.

Quadro 4. Cronograma de execução do experimento, para a cultura do milho, em função das épocas de semeadura e manejos da fitomassa para o ano de 1999.

| Época de Semeadura | 1 <sup>o</sup> Corte<br>(todos os manejos menos LC) | 2 <sup>o</sup> Corte<br>(CCFR e CCFP) | C1FR E<br>C1PP | LC          | Manejo final da fitomassa |
|--------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------|---------------------------|
|                    |                                                     |                                       |                | 30/07       |                           |
| 05/03 (E1)         | 30/04<br>56 DAS*                                    | 02/07<br>63 DAC**                     | 01/10          | 147<br>DAS* | 01/10                     |
| 25/03 (E2)         | 28/05 64DAS*                                        | 03/08<br>67DAC**                      | 01/10          | 01/10       | 01/10                     |
| 19/04 (E3)         | 05/08<br>108 DAS*                                   | -                                     | 01/10          | 01/10       | 01/10                     |

CCFR (manejo 1): ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa;

CCFP (manejo 2): ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa;

C1FR (manejo 3): ceifa no primeiro florescimento e retirada da fitomassa;

C1FP (manejo 4): ceifa no primeiro florescimento e permanência da fitomassa,

LC (manejo 5): livre crescimento sem ceifar.

\*DAS= dias após a semeadura

\*\*DAC= dias após o primeiro corte

## 5.8 Cultura da Soja (1999/2000)

A cultura da soja foi semeada mecanicamente em 17 de novembro de 1999, utilizando-se a cultivar EMBRAPA-48, no espaçamento 0,60 m, empregando-se 30 sementes por metro linear, objetivando obter uma população em

torno de 500 mil plantas/ha. Anteriormente, em 01 de outubro, coletou-se todas as plantas contidas em duas linhas de 0,5m de comprimento (manejo final), para determinação da produção de fitomassa. Em seguida, manejou-se toda a área experimental com equipamento triton e, posteriormente, com aplicação de dessecante, no caso o herbicida glyphosate. Deve-se comentar que a demora entre o manejo final e a semeadura da soja, foi devida ao período de grande seca que ocorreu no segundo semestre de 1999.

A adubação de semeadura foi constituída por 300 kg/ha da fórmula comercial 8-28-16 + 0,4 Zn.

O controle fitossanitário constou de uma aplicação de Tebuconazole (100 g i. a. /ha) na dose de 0,5 litros/ha do produto comercial (Folicur 200 CE), visando o controle de oídio (*Microsphaera diffusa*) em 28 de janeiro de 2000, e uma aplicação de Monocotrofós (150 g i.a./ha) na dose de 0,375 litros/ha, objetivando o controle de percevejo verde (*Nezara viridula*) e vaquinha (*Diabrotica speciosa*) em 03 de abril de 2000.

A colheita da soja foi realizada em 13 de abril de 2000, ou seja, 147 dias após a semeadura, quando os grãos apresentavam teor de água de  $0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ .

O desenvolvimento da cultura da soja, aos 15 e 60 DAS, estão ilustrados nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

## 5.9 Análises Estatísticas

O estudo das variáveis observadas constou da análise de variância dos dados originais e aplicação do teste Tukey para comparar as médias obtidas. O nível de significância para os testes foi de 5% de probabilidade (Gomes, 1982).

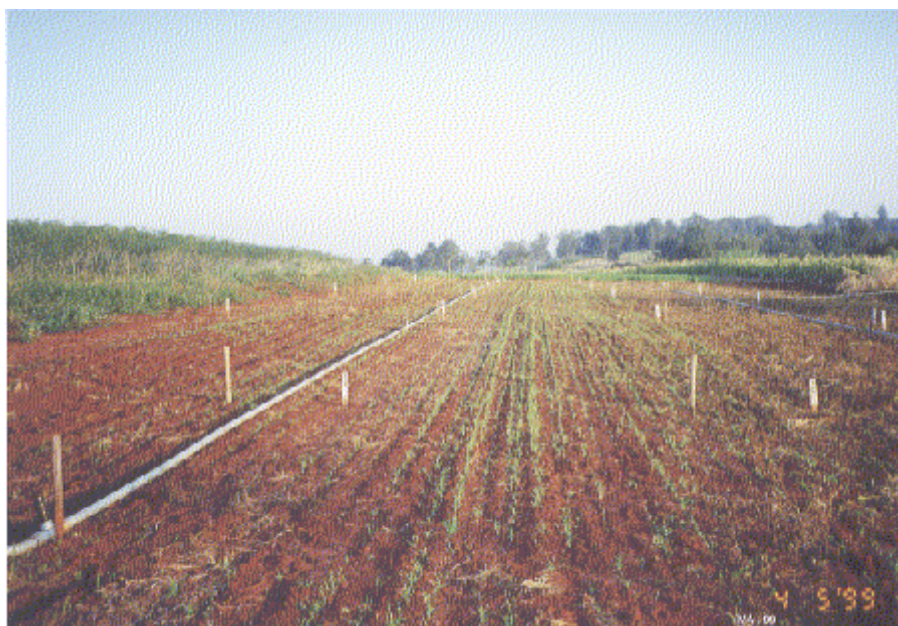


Figura 1. Aspecto da terceira época de semeadura do milheto (15 DAS), utilizando a cultivar BN-2.



Figura 2. Desenvolvimento da cultura do milheto, na segunda época de semeadura, com 5-10% de emissão de panículas.





Figura 3. Aspecto do manejo da fitomassa do milheto a cada florescimento com permanência da fitomassa na segunda época de semeadura ( $M_2$ ).



Figura 4. Fitomassa do milheto referente ao manejo 2 na segunda época de semeadura da cultura.





Figura 5. Cultura da soja aos 15 DAS, semeada em sucessão ao Manejo 4, na primeira época de semeadura do milheto.



Figura 6. Desenvolvimento da cultura da soja (60 DAS) em sucessão a segunda época de semeadura do milheto.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Propriedades Químicas**

#### **6.1.1 Matéria orgânica**

Os teores de matéria orgânica obtidos para os tratamentos estudados (Quadros 5), não mostraram diferença estatística significativa, comportamento que pode ser atribuído ao período que o solo ficou em pousio e ao sistema de semeadura direta ter sido implantado recentemente, não tendo tempo suficiente para que as diferenças entre os tratamentos se acentuassem, conforme comentam (Pereira, 1990; Landers, 1995). Sendo assim este fato pode estar correlacionado ao intervalo que o solo permaneceu com vegetação espontânea desde a colheita da soja até a coleta das amostras, que favoreceu a decomposição da fitomassa do milheto adicionada ao solo.

Quadro 5. Médias da interação época x manejo para os teores de matéria orgânica do solo ( $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo                                                                                                      | Época de semeadura |                 |                 |        | CV1  | CV2  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------|------|------|
|                                                                                                             | 1                  | 2               | 3               | Médias |      |      |
| <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> g . dm <sup>-3</sup> <hr style="border-top: 1px solid black;"/> |                    |                 |                 |        |      |      |
| 0-0,05 m                                                                                                    |                    |                 |                 |        |      |      |
| 1                                                                                                           | 27                 | 24              | 28              | 26     | 40,5 | 19,5 |
| 2                                                                                                           | 22                 | 20              | 24              | 22     |      |      |
| 3                                                                                                           | 26                 | 20              | 25              | 23     |      |      |
| 4                                                                                                           | 25                 | 20              | 17              | 21     |      |      |
| 5                                                                                                           | 19                 | 20              | 27              | 22     |      |      |
| Médias                                                                                                      | 24                 | 21              | 24              |        |      |      |
| DMS (Época)                                                                                                 |                    |                 | 20,03           |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                                                                                |                    |                 | 24,49           |        |      |      |
| 0,05-0,10 m                                                                                                 |                    |                 |                 |        |      |      |
| 1                                                                                                           | 28                 | 22              | 24              | 25     | 28,5 | 24,5 |
| 2                                                                                                           | 24                 | 23              | 25              | 23     |      |      |
| 3                                                                                                           | 27                 | 20              | 24              | 24     |      |      |
| 4                                                                                                           | 25                 | 24              | 24              | 24     |      |      |
| 5                                                                                                           | 29                 | 23              | 26              | 26     |      |      |
| Médias                                                                                                      | 27                 | 23              | 25              |        |      |      |
| DMS (Época)                                                                                                 |                    |                 | 13,68           |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                                                                                |                    |                 | 16,72           |        |      |      |
| 0,10-0,20 m                                                                                                 |                    |                 |                 |        |      |      |
| 1                                                                                                           | 23                 | 23              | 21              | 22     | 12,9 | 24,5 |
| 2                                                                                                           | 25                 | 21              | 23              | 23     |      |      |
| 3                                                                                                           | 22                 | 20              | 23              | 22     |      |      |
| 4                                                                                                           | 24                 | 22              | 25              | 23     |      |      |
| 5                                                                                                           | 24                 | 23              | 24              | 24     |      |      |
| Médias                                                                                                      | 23                 | 22              | 23              |        |      |      |
| DMS (Época)                                                                                                 |                    |                 | 9,50            |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                                                                                |                    |                 | 11,61           |        |      |      |
| 0,20-0,40 m                                                                                                 |                    |                 |                 |        |      |      |
| 1                                                                                                           | 15                 | 15              | 25              | 18     | 20,0 | 16,1 |
| 2                                                                                                           | 17                 | 16              | 23              | 18     |      |      |
| 3                                                                                                           | 21                 | 15              | 22              | 19     |      |      |
| 4                                                                                                           | 18                 | 15              | 25              | 19     |      |      |
| 5                                                                                                           | 16                 | 15              | 28              | 19     |      |      |
| Médias                                                                                                      | 17 <sup>B</sup>    | 15 <sup>B</sup> | 24 <sup>A</sup> |        |      |      |
| DMS (Época)                                                                                                 |                    |                 | 15,46           |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                                                                                |                    |                 | 18,90           |        |      |      |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV<sub>1</sub>: coeficiente de variação da parcela; CV<sub>2</sub>: coeficiente de variação da subparcela.

A época 2 (E2) apresentou o menor teor de matéria orgânica, em relação as demais épocas de semeadura do milho, em todas as profundidades

amostradas, no entanto não diferiu significativamente das demais.

### 6.1.2 Capacidade de troca catiônica

Para a capacidade de troca catiônica (CTC) foram observadas diferenças significativas para manejo e época de semeadura (Quadro 6), para as profundidades de 0,10-0,20 m, e de 0,05-0,10 e 0,20-0,40 m, respectivamente.

Para a profundidade de 0,05-0,10 m as épocas  $E_1$  e  $E_3$  apresentaram os maiores valores de CTC, enquanto que para a profundidade de 0,20-0,40 m os maiores valores foram observados para as épocas  $E_2$  e  $E_3$ .

Comparando-se as épocas de semeadura verifica-se que foram encontradas diferenças significativas entre os manejos para a terceira época de semeadura, com valores mais elevados de CTC para os manejos  $M_2$  e  $M_4$ , onde a fitomassa do milheto não foi retirada, e para o manejo  $M_5$  de livre crescimento do milheto. Para os demais manejos,  $M_1$  e  $M_3$ , onde houve retirada de fitomassa do milheto, os valores de CTC foram menores.

Para o manejo  $M_4$  as épocas de semeadura  $E_2$  e  $E_3$  apresentaram os maiores valores de CTC.

Para a profundidade de 0,20-0,40 m de uma maneira geral, a época  $E_1$  apresentou os menores valores de CTC. Os valores de CTC para  $E_3$  são proporcionais aos de matéria orgânica encontrados para esta camada (Santos Filho, 1985).

Quadro 6. Médias da interação época x manejo para a capacidade de troca catiônica do solo  $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$  nas camadas de 0-0,05 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo                           | Época de semeadura |                  |                   |        | CV1  | CV2  |
|----------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------|------|------|
|                                  | 1                  | 2                | 3                 | Médias |      |      |
| -----mmol.dm <sup>-3</sup> ----- |                    |                  |                   |        |      |      |
| -                                |                    |                  |                   |        |      |      |
| 0 - 0,05 m                       |                    |                  |                   |        |      |      |
| 1                                | 95                 | 90               | 87                | 91     | 19,1 | 17,5 |
| 2                                | 92                 | 84               | 90                | 89     |      |      |
| 3                                | 112                | 87               | 95                | 98     |      |      |
| 4                                | 87                 | 84               | 96                | 89     |      |      |
| 5                                | 86                 | 81               | 98                | 88     |      |      |
| Médias                           | 94                 | 85               | 93                |        |      |      |
| DMS (Época)                      | 37,53              |                  |                   |        |      |      |
| DMS (Manejo)                     | 45,89              |                  |                   |        |      |      |
| 5-10 cm 0,05 - 0,10 m            |                    |                  |                   |        |      |      |
| 1                                | 92                 | 82               | 101               | 92     | 14,9 | 12,4 |
| 2                                | 93                 | 87               | 100               | 93     |      |      |
| 3                                | 100                | 82               | 96                | 93     |      |      |
| 4                                | 101                | 78               | 96                | 92     |      |      |
| 5                                | 102                | 79               | 93                | 91     |      |      |
| Médias                           | 98 <sup>A</sup>    | 82 <sup>B</sup>  | 97 <sup>A</sup>   |        |      |      |
| DMS (Época)                      | 29,76              |                  |                   |        |      |      |
| DMS (Manejo)                     | 36,39              |                  |                   |        |      |      |
| 0,10 - 0,20 m                    |                    |                  |                   |        |      |      |
| 1                                | 88                 | 105              | 87 <sup>b</sup>   | 93     | 9,5  | 11,6 |
| 2                                | 87                 | 100              | 94 <sup>ab</sup>  | 93     |      |      |
| 3                                | 85                 | 93               | 86 <sup>b</sup>   | 88     |      |      |
| 4                                | 86 <sup>B</sup>    | 94 <sup>AB</sup> | 112 <sup>Aa</sup> | 97     |      |      |
| 5                                | 87                 | 100              | 94 <sup>ab</sup>  | 94     |      |      |
| Médias                           | 87 <sup>B</sup>    | 98 <sup>A</sup>  | 95 <sup>AB</sup>  |        |      |      |
| DMS (Época)                      | 19,29              |                  |                   |        |      |      |
| DMS (Manejo)                     | 23,58              |                  |                   |        |      |      |
| 0,20 - 0,40 m                    |                    |                  |                   |        |      |      |
| 1                                | 76 <sup>B</sup>    | 108 <sup>A</sup> | 108 <sup>A</sup>  | 97     | 14,8 | 14,3 |
| 2                                | 73 <sup>B</sup>    | 107 <sup>A</sup> | 113 <sup>A</sup>  | 97     |      |      |
| 3                                | 82 <sup>B</sup>    | 114 <sup>A</sup> | 103 <sup>AB</sup> | 100    |      |      |
| 4                                | 78 <sup>B</sup>    | 87 <sup>B</sup>  | 125 <sup>A</sup>  | 96     |      |      |
| 5                                | 77 <sup>B</sup>    | 112 <sup>A</sup> | 112 <sup>A</sup>  | 100    |      |      |
| Médias                           | 77 <sup>B</sup>    | 105 <sup>A</sup> | 112 <sup>A</sup>  |        |      |      |
| DMS (Época)                      | 31,53              |                  |                   |        |      |      |
| DMS (Manejo)                     | 38,55              |                  |                   |        |      |      |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

### 6.1.3 Bases trocáveis ( K, Ca e Mg)

Para o teor de potássio foram encontradas diferenças estatísticas significativas, para época de semeadura, para as profundidades de 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m (Quadro 7).

Na superfície do solo, entre 0-0,10 m, o potássio encontra-se com valores mais elevados, podendo estar correlacionado com a atuação do sistema radicular do milheto, que promove ciclagem deste elemento no solo, pois suas raízes fasciculadas conseguem conduzir este macronutriente às camadas mais superficiais (Salton & Hernani, 1994). A época E<sub>3</sub> foi a que revelou menores teores de potássio no solo, diferindo significativamente das demais, além disso, desde a instalação do presente trabalho foi a única que apresentou decréscimos nos teores de potássio, sendo especificamente na camada de solo pertinente ao intervalo entre 0,10 e 0,40 m.

O comportamento verificado para o potássio no perfil do solo, é devido, possivelmente, ao pouco tempo de adoção do sistema de semeadura direta e uma provável concentração do sistema radicular na camada de 0,05-0,20 m (Agostini, 2001).

Comparando-se as camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, verifica-se que os teores de potássio são mais elevados para a segunda camada, o que pode ser atribuído a infiltração facilitada de água no sistema de semeadura direta, que favorece a percolação do elemento no perfil de solo, conforme comentam Centurion et al. (1985), Sidiras & Pavan (1985), Merten & Mielniczuk (1991) e Maria & Castro (1993). Já Muzilli (1983) e Eltz et al. (1989) divergiram dos autores

Quadro 7. Médias da interação época x manejo para os teores de potássio do solo  $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$  nas camadas de 0-0,05 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo                                          | Época de semeadura |                   |                  |        | CV1  | CV2  |
|-------------------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------|------|------|
|                                                 | 1                  | 2                 | 3                | Médias |      |      |
| ----- mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ----- |                    |                   |                  |        |      |      |
| 0 - 0,05 m                                      |                    |                   |                  |        |      |      |
| 1                                               | 5,0                | 4,4               | 3,2              | 4,2    | 35,9 | 31,2 |
| 2                                               | 5,4                | 4,9               | 2,7              | 4,3    |      |      |
| 3                                               | 5,3                | 4,6               | 2,9              | 4,2    |      |      |
| 4                                               | 6,1                | 5,5               | 17,2             | 9,6    |      |      |
| 5                                               | 5,7                | 4,9               | 3,1              | 4,6    |      |      |
| Médias                                          | 5,5                | 4,8               | 5,8              |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                   | 16,31            |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                   | 19,94            |        |      |      |
| 5-10 cm                                         |                    | 0,05 - 0,10 m     |                  |        |      |      |
| 1                                               | 6,4                | 6,60              | 5,1              | 6,0    | 19,9 | 27,7 |
| 2                                               | 8,0 <sup>A</sup>   | 8,40 <sup>A</sup> | 4,9 <sup>B</sup> | 7,1    |      |      |
| 3                                               | 6,8                | 7,17              | 4,9              | 6,2    |      |      |
| 4                                               | 7,3 <sup>AB</sup>  | 7,95 <sup>A</sup> | 5,0 <sup>B</sup> | 6,8    |      |      |
| 5                                               | 7,5 <sup>AB</sup>  | 9,85 <sup>A</sup> | 5,6 <sup>B</sup> | 7,7    |      |      |
| Médias                                          | 7,2 <sup>A</sup>   | 8,0 <sup>A</sup>  | 5,1 <sup>B</sup> |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                   | 2,92             |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                   | 3,56             |        |      |      |
|                                                 |                    | 0,10 - 0,20 m     |                  |        |      |      |
| 1                                               | 4,3                | 4,1               | 1,8              | 3,4    | 37,9 | 26,6 |
| 2                                               | 5,0                | 3,8               | 2,1              | 3,6    |      |      |
| 3                                               | 4,5                | 3,9               | 1,9              | 3,4    |      |      |
| 4                                               | 4,9                | 4,4               | 3,3              | 5,0    |      |      |
| 5                                               | 5,0                | 4,0               | 2,1              | 3,7    |      |      |
| Médias                                          | 4,7 <sup>A</sup>   | 4,0 <sup>A</sup>  | 2,2 <sup>B</sup> |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                   | 3,01             |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                   | 3,68             |        |      |      |
|                                                 |                    | 0,20 - 0,40 m     |                  |        |      |      |
| 1                                               | 4,5                | 3,4               | 2,9              | 3,6    | 23,0 | 27,6 |
| 2                                               | 4,6 <sup>A</sup>   | 4,0 <sup>AB</sup> | 2,2 <sup>B</sup> | 3,6    |      |      |
| 3                                               | 4,4 <sup>A</sup>   | 3,9 <sup>AB</sup> | 2,4 <sup>B</sup> | 3,5    |      |      |
| 4                                               | 4,4 <sup>A</sup>   | 4,2 <sup>A</sup>  | 2,3 <sup>B</sup> | 3,7    |      |      |
| 5                                               | 4,3 <sup>A</sup>   | 4,8 <sup>A</sup>  | 2,2 <sup>B</sup> | 3,7    |      |      |
| Médias                                          | 4,4 <sup>A</sup>   | 4,0 <sup>A</sup>  | 2,4 <sup>B</sup> |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                   | 1,81             |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                   | 2,21             |        |      |      |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

anteriormente citados enfatizando que as diferenças com relação ao aspecto de mobilidade e percolamento do íon potássio no solo, estão relacionadas à melhoria da

retenção de cátions de um solo onde o sistema de semeadura direta foi recém adotado, pois o estabelecimento dessa característica é consequência da implantação efetiva do sistema.

Com relação aos teores de cálcio no solo para os manejos estudados não houve diferença significativa, entretanto, quanto às épocas de semeadura, todas as camadas analisadas mostraram diferenças estatísticas significativas (Quadro 8).

Para todas as camadas estudadas a época  $E_2$  apresentou os menores teores de cálcio no solo, diferindo significativamente das demais épocas. Para as camadas de 10-20 cm e 20-40 m também foram encontradas diferenças significativas, sendo mais elevados os teores da época  $E_1$ .

Embora tenham sido observados diferentes teores do elemento entre épocas, evidenciou-se maior valor de cálcio até 0,10 m de profundidade, para todos os tratamentos estudados. Este aumento, em sistema de semeadura direta, deve-se a ausência de mobilização do solo e, a medida que ocorre aumento dos teores de matéria orgânica e CTC do solo, pode haver maior retenção de cátions. Aumento nos teores de cálcio e magnésio na superfície em sistema de semeadura direta também foram observados por Muzilli (1983), Sidiras & Pavan (1985) e Centurion et al. (1985).

A interação entre épocas de semeadura e sistemas de manejo do milho evidenciou algumas diferenças estatísticas significativas. Para as camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m e o manejo  $M_3$  os teores de cálcio foram menores para a época 2.



Quadro 8. Médias da interação época x manejo para os teores de cálcio do solo ( $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo                                          | Época de semeadura |                    |                     |        | CV1  | CV2  |
|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------|------|------|
|                                                 | 1                  | 2                  | 3                   | Médias |      |      |
| ----- mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ----- |                    |                    |                     |        |      |      |
| 0 - 0,05 m                                      |                    |                    |                     |        |      |      |
| 1                                               | 32                 | 15                 | 29                  | 25     | 38,2 | 32,9 |
| 2                                               | 24                 | 17                 | 21                  | 21     |      |      |
| 3                                               | 34 <sup>A</sup>    | 14 <sup>B</sup>    | 27 <sup>AB</sup>    | 25     |      |      |
| 4                                               | 29                 | 16                 | 26                  | 24     |      |      |
| 5                                               | 24                 | 14                 | 28                  | 22     |      |      |
| Médias                                          | 29 <sup>A</sup>    | 15 <sup>B</sup>    | 26 <sup>A</sup>     |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                    | 19,41               |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                    | 23,73               |        |      |      |
| 0,05 - 0,10 m                                   |                    |                    |                     |        |      |      |
| 1                                               | 34                 | 20                 | 39                  | 31     | 28,5 | 24,5 |
| 2                                               | 37                 | 25                 | 35                  | 33     |      |      |
| 3                                               | 40 <sup>A</sup>    | 21 <sup>B</sup>    | 33 <sup>AB</sup>    | 31     |      |      |
| 4                                               | 41                 | 23                 | 29                  | 31     |      |      |
| 5                                               | 41                 | 22                 | 30                  | 31     |      |      |
| Médias                                          | 39 <sup>A</sup>    | 22 <sup>B</sup>    | 33 <sup>A</sup>     |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                    | 19,31               |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                    | 23,61               |        |      |      |
| 0,10 - 0,20 m                                   |                    |                    |                     |        |      |      |
| 1                                               | 22 <sup>A</sup>    | 14 <sup>B</sup>    | 17 <sup>B</sup>     | 18     | 12,9 | 24,5 |
| 2                                               | 21 <sup>A</sup>    | 14 <sup>B</sup>    | 18 <sup>B</sup>     | 18     |      |      |
| 3                                               | 24 <sup>A</sup>    | 13 <sup>B</sup>    | 16 <sup>B</sup>     | 18     |      |      |
| 4                                               | 22 <sup>A</sup>    | 14 <sup>B</sup>    | 16 <sup>B</sup>     | 17     |      |      |
| 5                                               | 21 <sup>A</sup>    | 11 <sup>B</sup>    | 18 <sup>A</sup>     | 17     |      |      |
| Médias                                          | 22 <sup>A</sup>    | 13 <sup>C</sup>    | 17 <sup>B</sup>     |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                    | 4,88                |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                    | 5,97                |        |      |      |
| 0,20 - 0,40 m                                   |                    |                    |                     |        |      |      |
| 1                                               | 24,75 <sup>A</sup> | 13,50 <sup>B</sup> | 21,25 <sup>A</sup>  | 20     | 20,0 | 26,1 |
| 2                                               | 21,50 <sup>A</sup> | 13,00 <sup>B</sup> | 15,50 <sup>AB</sup> | 17     |      |      |
| 3                                               | 21,75 <sup>A</sup> | 10,75 <sup>B</sup> | 19,25 <sup>A</sup>  | 1      |      |      |
| 4                                               | 25,00 <sup>A</sup> | 11,50 <sup>B</sup> | 18,00 <sup>AB</sup> | 18     |      |      |
| 5                                               | 21,75 <sup>A</sup> | 10,50 <sup>B</sup> | 15,50 <sup>AB</sup> | 16     |      |      |
| Médias                                          | 22,95 <sup>A</sup> | 11,85 <sup>C</sup> | 17,90 <sup>B</sup>  |        |      |      |
| DMS (Época)                                     |                    |                    | 7,61                |        |      |      |
| DMS (Manejo)                                    |                    |                    | 9,31                |        |      |      |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

Para as camadas, de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m em todos os manejos, a época E1 sempre apresentou os teores mais elevados de cálcio, enquanto a E2 apresentou os teores mais baixos.

No Quadro 9 observa-se que para magnésio no solo, houve efeito significativo para época de semeadura em todas as camadas, exceto para a de 0,05-0,10 m. Novamente a época  $E_2$  apresentou menores valores do nutriente no solo, comportamento semelhante ao observado para outras propriedades analisadas, relativas à fertilidade do solo. Sendo assim, embora a época  $E_2$  tenha produzido quantidades consideráveis de matéria seca do milheto, diferindo juntamente com  $E_1$  da  $E_3$ , com relação ao resultado das propriedades químicas analisadas apresentou menores teores dos elementos, inclusive do magnésio.

No presente trabalho houve um acréscimo na faixa de três  $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$  nos teores de magnésio nas profundidades de 5-10 e 20-40 cm para a época  $E_1$ , com relação à análise feita para a caracterização da área, anteriormente à instalação do experimento. As profundidades de 0-5 e 10-20 cm não se alteraram com relação ao teor de magnésio do solo para esta mesma época.

Considerando-se a interação entre as épocas de semeadura e os manejos da cultura do milheto verifica-se que para as camadas de 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,20-0,40 m não ocorreram diferenças significativas. Para a camada de 0,10-0,20 m, a época  $E_2$  apresentou sempre os menores teores de magnésio, para os manejos  $M_1$ ,  $M_4$  e  $M_5$ .

Quadro 8. Médias da interação época x manejo para os teores de magnésio do solo ( $\text{mmol}_\text{c}.\text{dm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-0,05 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo                              | Época de semeadura |                |                 |        | CV1  | CV2  |
|-------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|--------|------|------|
|                                     | 1                  | 2              | 3               | Médias |      |      |
| mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> |                    |                |                 |        |      |      |
| 0 - 0,05 m                          |                    |                |                 |        |      |      |
| 1                                   | 16                 | 8              | 15              | 13     | 40,3 | 40,3 |
| 2                                   | 11                 | 9              | 10              | 10     |      |      |
| 3                                   | 15                 | 7              | 15              | 12     |      |      |
| 4                                   | 14                 | 8              | 11              | 11     |      |      |
| 5                                   | 10                 | 7              | 15              | 11     |      |      |
| Médias                              | 13 <sup>A</sup>    | 8 <sup>B</sup> | 13 <sup>A</sup> |        |      |      |
| DMS (Época)                         |                    |                | 9,86            |        |      |      |
| DMS (Manejo)                        |                    |                | 12,06           |        |      |      |
| 0,05 - 0,10 m                       |                    |                |                 |        |      |      |
| 1                                   | 17                 | 10             | 17              | 14     | 50,8 | 33,8 |
| 2                                   | 15                 | 15             | 16              | 15     |      |      |
| 3                                   | 19                 | 10             | 16              | 15     |      |      |
| 4                                   | 20                 | 12             | 15              | 16     |      |      |
| 5                                   | 20                 | 16             | 16              | 18     |      |      |
| Médias                              | 18                 | 13             | 16              |        |      |      |
| DMS (Época)                         |                    |                | 16,99           |        |      |      |
| DMS (Manejo)                        |                    |                | 20,77           |        |      |      |
| 0,10 - 0,20 m                       |                    |                |                 |        |      |      |
| 10-20 cm                            |                    |                |                 |        |      |      |
| 1                                   | 10 <sup>A</sup>    | 7 <sup>B</sup> | 9 <sup>AB</sup> | 8      | 18,0 | 30,0 |
| 2                                   | 9                  | 8              | 9               | 9      |      |      |
| 3                                   | 10                 | 7              | 8               | 8      |      |      |
| 4                                   | 10 <sup>A</sup>    | 7 <sup>B</sup> | 7 <sup>AB</sup> | 8      |      |      |
| 5                                   | 9 <sup>A</sup>     | 5 <sup>B</sup> | 9 <sup>A</sup>  | 8      |      |      |
| Médias                              | 9 <sup>A</sup>     | 7 <sup>B</sup> | 8 <sup>A</sup>  |        |      |      |
| DMS (Época)                         |                    |                | 3,16            |        |      |      |
| DMS (Manejo)                        |                    |                | 3,87            |        |      |      |
| 0,20 - 0,40 m                       |                    |                |                 |        |      |      |
| 1                                   | 9                  | 6              | 9               | 8      | 35,8 | 38,3 |
| 2                                   | 8                  | 5              | 7               | 6      |      |      |
| 3                                   | 9                  | 4              | 9               | 7      |      |      |
| 4                                   | 9                  | 5              | 9               | 7      |      |      |
| 5                                   | 8                  | 4              | 8               | 7      |      |      |
| Médias                              | 8 <sup>A</sup>     | 5 <sup>B</sup> | 8 <sup>A</sup>  |        |      |      |
| DMS (Época)                         |                    |                | 5,50            |        |      |      |
| DMS (Manejo)                        |                    |                | 6,72            |        |      |      |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: Coeficiente de Variação da parcela; CV2: Coeficiente de variação da subparcela.

## 6.2 Propriedades Físicas

### 6.2.1 Densidade do solo

No Quadro 10 observa-se que nas três primeiras camadas houve diferença significativa para época de semeadura. A segunda época  $E_2$  mostrou diferença significativa com as demais, com valores menores de densidade do solo. Para a camada de 0,20-0,40 m não houve diferença significativa entre as épocas de semeadura e os manejos da cultura do milho. Houve interação significativa entre o manejo e a época de semeadura, mostrando uma maior compactação para a época 1 na camada de 0,10-0,20 m, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Devido a primeira época do milho ter sido semeada com maior teor de água do que as demais, este fato, pode ter proporcionado uma maior compactação do solo, nesta época, em função do alto teor de argila do solo estudado.

O aumento da densidade do solo na terceira época de semeadura, sendo esta a época mais tardia, para o manejo  $M_2$ , nas camadas de 0-0,05 e 0,10-0,20 m pode ser reflexo de um maior tempo com solo descoberto antes da semeadura da soja no ano subsequente, pois este fato é inerente à devida implantação do sistema de semeadura direta. Contudo, alguns autores como Rolon (1996), Vieira & Muzilli (1984), Vieira (1981), Lucarelli (1997), Corsini & Ferraud (1999) revelam em seus trabalhos que este acréscimo deve-se, principalmente, a ausência de revolvimento do solo no sistema de semeadura direta, ao tráfego de implementos agrícolas bem como ao rearranjo natural que o solo tende a apresentar quando deixa de sofrer mobilização. Resultados de Sidiras et al. (1984), revelam que na semeadura direta, ainda que recente, não houve diferença na

Quadro 27. Médias da interação época x manejo para a densidade do solo  $\text{kg.dm}^{-3}$  nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo                          | Época de semeadura |                   |                    |        | CV1  | CV2  |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------|------|------|
|                                 | 1                  | 2                 | 3                  | Médias |      |      |
| -----kg .dm <sup>-3</sup> ----- |                    |                   |                    |        |      |      |
| 0 - 0,05 m                      |                    |                   |                    |        |      |      |
| 1                               | 1,57               | 1,43              | 1,56               | 1,52   | 4,77 | 2,35 |
| 2                               | 1,57 <sup>A</sup>  | 1,40 <sup>B</sup> | 1,56 <sup>A</sup>  | 1,51   |      |      |
| 3                               | 1,53               | 1,42              | 1,47               | 1,47   |      |      |
| 4                               | 1,52               | 1,43              | 1,45               | 1,47   |      |      |
| 5                               | 1,57               | 1,45              | 1,51               | 1,51   |      |      |
| Médias                          | 1,55 <sup>A</sup>  | 1,42 <sup>B</sup> | 1,51 <sup>A</sup>  |        |      |      |
| DMS (Época)                     |                    |                   | 0,15               |        |      |      |
| DMS (Manejo)                    |                    |                   | 0,19               |        |      |      |
| 0,05 - 0,10 m                   |                    |                   |                    |        |      |      |
| 1                               | 1,59 <sup>A</sup>  | 1,46 <sup>B</sup> | 1,45 <sup>B</sup>  | 1,50   | 3,02 | 3,07 |
| 2                               | 1,55               | 1,45              | 1,48               | 1,49   |      |      |
| 3                               | 1,53 <sup>A</sup>  | 1,41 <sup>B</sup> | 1,50 <sup>A</sup>  | 1,48   |      |      |
| 4                               | 1,50               | 1,49              | 1,48               | 1,49   |      |      |
| 5                               | 1,53               | 1,46              | 1,49               | 1,49   |      |      |
| Médias                          | 1,54 <sup>A</sup>  | 1,45 <sup>B</sup> | 1,48 <sup>B</sup>  |        |      |      |
| DMS (Época)                     |                    |                   | 0,10               |        |      |      |
| DMS (Manejo)                    |                    |                   | 0,12               |        |      |      |
| 0,10 - 0,20 m                   |                    |                   |                    |        |      |      |
| 1                               | 1,62 <sup>A</sup>  | 1,43 <sup>B</sup> | 1,42 <sup>Bb</sup> | 1,49   | 3,24 | 3,58 |
| 2                               | 1,53 <sup>AB</sup> | 1,43 <sup>B</sup> | 1,58 <sup>Aa</sup> | 1,52   |      |      |
| 3                               | 1,58 <sup>A</sup>  | 1,37 <sup>B</sup> | 1,44 <sup>Bb</sup> | 1,46   |      |      |
| 4                               | 1,64 <sup>A</sup>  | 1,44 <sup>B</sup> | 1,44 <sup>Bb</sup> | 1,51   |      |      |
| 5                               | 1,55 <sup>A</sup>  | 1,46 <sup>B</sup> | 1,44 <sup>Bb</sup> | 1,48   |      |      |
| Médias                          | 1,48               | 1,47              | 1,47               |        |      |      |
| DMS (Época)                     |                    |                   | 0,11               |        |      |      |
| DMS (Manejo)                    |                    |                   | 0,13               |        |      |      |
| 0,20 - 0,40 m                   |                    |                   |                    |        |      |      |
| 1                               | 1,47               | 1,49              | 1,46               | 1,47   | 5,00 | 2,96 |
| 2                               | 1,53               | 1,41              | 1,47               | 1,47   |      |      |
| 3                               | 1,45               | 1,50              | 1,47               | 1,47   |      |      |
| 4                               | 1,50               | 1,47              | 1,44               | 1,47   |      |      |
| 5                               | 1,47               | 1,46              | 1,49               | 1,47   |      |      |
| Médias                          | 1,48               | 1,47              | 1,47               |        |      |      |
| DMS (Época)                     |                    |                   | 0,16               |        |      |      |
| DMS (Manejo)                    |                    |                   | 0,20               |        |      |      |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

densidade do solo na camada de 0-0,25 m, sendo este fato pertinente no presente trabalho. Todavia Sá & Petrere (1995), obtiveram resultados semelhantes ao presente

trabalho, pois também verificaram em sistema de semeadura direta um maior adensamento na profundidade de 0,10-0,20 m.

### **6.2.2 Porosidade total do solo**

Para a porosidade total do solo houve diferença estatística significativa para época de semeadura (Quadro 11)

De acordo com Corsini & Ferraudo (1999), em sistema de semeadura direta a porosidade total do solo diminui superficialmente nos três primeiros anos de implantação do sistema, e somente a partir do quinto ano agrícola esses parâmetros começam a se alterar, portanto, só podemos definir que o sistema está implantado após este tempo de adoção.

A época E<sub>2</sub> mostrou maior porosidade total do solo perante as outras duas épocas de semeadura no intervalo de profundidade correspondente a 0,05-0,20 m. Houve interação significativa estatisticamente entre manejo M<sub>3</sub> e época E<sub>2</sub> nas camadas de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, evidenciando melhores condições para este atributo físico.

Para as camadas de 0-0,05 e 0,20-0,40 m não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Comparando-se os manejos da cultura do milho para a época 2 verifica-se que o manejo 1 foi o que resultou em menores valores de porosidade total. Tanto para o manejo 1 como para o manejo 3 houve retirada de fitomassa do milho.

Quadro 11. Médias da interação época x manejo para a porosidade total do solo ( $\text{dm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) nas camadas 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo                                         | Época de semeadura |                      |                     |        | CV1 | CV2 |
|------------------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------|-----|-----|
|                                                | 1                  | 2                    | 3                   | Médias |     |     |
| -----dm <sup>-3</sup> . dm <sup>-3</sup> ----- |                    |                      |                     |        |     |     |
| 0 - 0,05 m                                     |                    |                      |                     |        |     |     |
| 1                                              | 46,31              | 47,41                | 43,42               | 45,71  | 7,0 | 7,5 |
| 2                                              | 44,20              | 51,19                | 45,92               | 47,10  |     |     |
| 3                                              | 45,40              | 48,62                | 48,73               | 47,59  |     |     |
| 4                                              | 47,32              | 51,72                | 46,94               | 48,66  |     |     |
| 5                                              | 49,31              | 48,14                | 47,65               | 48,37  |     |     |
| Médias                                         | 46,51              | 49,42                | 46,53               |        |     |     |
| DMS (Época)                                    | 7,22               |                      |                     |        |     |     |
| DMS (Manejo)                                   | 8,83               |                      |                     |        |     |     |
| 0,05 - 0,10 m                                  |                    |                      |                     |        |     |     |
| 1                                              | 46,01              | 48,96 <sup>b</sup>   | 49,68               | 48,22  | 4,4 | 7,1 |
| 2                                              | 45,49 <sup>B</sup> | 50,82 <sup>Aab</sup> | 46,44 <sup>AB</sup> | 47,58  |     |     |
| 3                                              | 46,24 <sup>B</sup> | 54,74 <sup>Aa</sup>  | 44,80 <sup>B</sup>  | 48,59  |     |     |
| 4                                              | 45,68 <sup>B</sup> | 51,31 <sup>Aab</sup> | 48,89 <sup>AB</sup> | 48,63  |     |     |
| 5                                              | 48,09              | 52,10 <sup>ab</sup>  | 47,82               | 49,34  |     |     |
| Médias                                         | 46,30 <sup>B</sup> | 51,59 <sup>A</sup>   | 47,53 <sup>A</sup>  |        |     |     |
| DMS (Época)                                    | 4,62               |                      |                     |        |     |     |
| DMS (Manejo)                                   | 5,64               |                      |                     |        |     |     |
| 0,10 - 0,20 m                                  |                    |                      |                     |        |     |     |
| 1                                              | 43,92              | 50,75                | 51,99               | 48,72  | 8,5 | 8,5 |
| 2                                              | 44,76              | 50,57                | 44,66               | 46,66  |     |     |
| 3                                              | 43,87 <sup>B</sup> | 53,57 <sup>A</sup>   | 49,62 <sup>AB</sup> | 49,02  |     |     |
| 4                                              | 43,01              | 45,87                | 47,43               | 45,44  |     |     |
| 5                                              | 46,54              | 49,65                | 48,07               | 48,09  |     |     |
| Médias                                         | 44,32 <sup>B</sup> | 50,08 <sup>A</sup>   | 48,36 <sup>A</sup>  |        |     |     |
| DMS (Época)                                    | 8,72               |                      |                     |        |     |     |
| DMS (Manejo)                                   | 10,66              |                      |                     |        |     |     |
| 0,20 - 0,40 m                                  |                    |                      |                     |        |     |     |
| 1                                              | 49,75              | 47,09                | 49,46               | 48,77  | 9,5 | 8,6 |
| 2                                              | 44,04              | 48,18                | 47,00               | 46,41  |     |     |
| 3                                              | 45,51              | 45,36                | 47,08               | 45,98  |     |     |
| 4                                              | 45,88              | 46,10                | 48,59               | 46,85  |     |     |
| 5                                              | 44,74              | 49,95                | 48,45               | 47,71  |     |     |
| Médias                                         | 45,99              | 47,34                | 48,12               |        |     |     |
| DMS (Época)                                    | 9,27               |                      |                     |        |     |     |
| DMS (Manejo)                                   | 11,33              |                      |                     |        |     |     |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

Entretanto, para o manejo 1 as ceifas foram efetuadas para todos os períodos de florescimento, fazendo com que o solo ficasse por mais tempo descoberto do que no manejo 3, onde foi efetuada apenas uma ceifa, o que deve ter protegido mais o solo diminuindo o impacto da energia cinética das gotas de chuva (Siqueira et al., 1997).

Os maiores valores para porosidade total encontrados para época 2 estão de acordo com menores valores de densidade do solo obtidos para essa época de semeadura, caracterizando as melhores condições de aeração para o desenvolvimento da cultura da soja.

Em resultados similares ao presente estudo, Tormena et al. (1998), atribuíram à atuação do sistema radicular da aveia, que antecedeu o cultivo da soja, e aos ciclos de secagem e umedecimento intensificados com a demanda hídrica das plantas, a melhor agregação e, conseqüente, aumento na porosidade total e redução na densidade do solo, caracterizando que em semeadura direta a persistência de palhada, é de fundamental importância. Portanto, a cultura do milheto quando manejada com esta finalidade revelou resultados correspondentes ao manejo de outras gramíneas utilizadas como adubo verde.

A discordância de resultados obtidos em diversos trabalhos envolvendo o sistema de semeadura direta, diferentes sucessões culturais e seus efeitos sobre as propriedades físicas do solo, nos levam a constatação de que para este tipo de estudo, é mais adequado coletar-se amostras de solo estratificadas ao longo do perfil do solo. Por não sofrer homogeneizações periódicas, como o sistema de preparo convencional, o solo sob semeadura direta apresenta diferenças mais nítidas entre as camadas à medida em que se aprofunda no perfil do solo.



### 6.2.3 Grau de flocculação do solo

No Quadro 12 nota-se que para época de semeadura o grau de flocculação apresentou diferença significativa. Apenas na camada de 0,05-0,10 m, não houve significância para época de semeadura e houve interação significativa de 0,20-0,40 m de profundidade, destacando-se a  $E_3$  como sendo a com piores condições de estruturação do solo.

Para as quatro camadas estudadas pode-se verificar que os valores de grau de flocculação foram mais elevados para época de semeadura  $E_2$ . Com relação aos sistemas de manejo, o  $M_4$ , que se caracteriza pela permanência da fitomassa na superfície do solo, foi o que apresentou maior grau de flocculação, coerente com o menor teor de potássio verificado para a camada de 0-0,05 m.

Os menores valores de grau de flocculação, obtidos para a camada superficial do solo, entre 0 e 10 cm, estão coerentes com os teores de potássio, pois este cátion é considerado como dispersante das partículas que formam os agregados do solo.

Apesar do fato dos teores de cálcio e magnésio do solo serem mais elevados na superfície o efeito destes cátions flocculantes com melhores níveis de estruturação do solo, foi maior para a segunda época de semeadura. Os manejos 2 e 3 foram os que apresentaram maior grau de flocculação na  $E_2$ , na camada de 0-0,05 m.

Quadro 12. Médias da interação época x manejo para o grau de floculação do solo (%) nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo        | Época de semeadura  |                    |                      |                    | CV1  | CV2  |
|---------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|------|------|
|               | 1                   | 2                  | 3                    | Médias             |      |      |
| -----%        |                     |                    |                      |                    |      |      |
| 0 - 0,05 m    |                     |                    |                      |                    |      |      |
| 1             | 74,04               | 76,50              | 64,36 <sup>ab</sup>  | 71,64              | 13,7 | 15,1 |
| 2             | 65,60 <sup>AB</sup> | 72,68 <sup>A</sup> | 49,85 <sup>Bb</sup>  | 62,71              |      |      |
| 3             | 74,48 <sup>AB</sup> | 85,54 <sup>A</sup> | 58,36 <sup>Bab</sup> | 72,79              |      |      |
| 4             | 55,94               | 62,04              | 74,76 <sup>a</sup>   | 64,25              |      |      |
| 5             | 65,76               | 75,67              | 57,88 <sup>ab</sup>  | 66,44              |      |      |
| Médias        | 67,16 <sup>AB</sup> | 74,49 <sup>A</sup> | 61,04 <sup>B</sup>   |                    |      |      |
| DMS (Época)   |                     |                    | 20,15                |                    |      |      |
| DMS (Manejo)  |                     |                    | 24,63                |                    |      |      |
| 0,05 - 0,10 m |                     |                    |                      |                    |      |      |
| 1             | 66,25               | 81,43              | 68,28                | 71,99              | 22,7 | 21,3 |
| 2             | 68,69               | 84,81              | 71,58                | 75,02              |      |      |
| 3             | 71,17               | 82,65              | 69,61                | 74,48              |      |      |
| 4             | 58,88               | 75,86              | 74,55                | 69,76              |      |      |
| 5             | 78,39               | 90,05              | 51,83                | 73,42              |      |      |
| Médias        | 68,28               | 82,96              | 67,17                |                    |      |      |
| DMS (Época)   |                     |                    | 40,58                |                    |      |      |
| DMS (Manejo)  |                     |                    | 49,62                |                    |      |      |
| 0,10 - 0,20 m |                     |                    |                      |                    |      |      |
| 1             | 84,33 <sup>A</sup>  | 95,61 <sup>A</sup> | 64,81 <sup>B</sup>   | 81,58              | 9,6  | 15,2 |
| 2             | 77,75 <sup>B</sup>  | 98,38 <sup>A</sup> | 80,74 <sup>B</sup>   | 85,62              |      |      |
| 3             | 77,75 <sup>B</sup>  | 96,32 <sup>A</sup> | 63,73 <sup>B</sup>   | 79,27              |      |      |
| 4             | 75,18               | 84,69              | 77,88                | 79,34              |      |      |
| 5             | 90,67 <sup>A</sup>  | 98,19 <sup>A</sup> | 68,50 <sup>B</sup>   | 85,79              |      |      |
| Médias        | 81,14 <sup>B</sup>  | 94,69 <sup>A</sup> | 71,13 <sup>C</sup>   |                    |      |      |
| DMS (Época)   |                     |                    | 17,07                |                    |      |      |
| DMS (Manejo)  |                     |                    | 20,87                |                    |      |      |
| 0,20 - 0,40 m |                     |                    |                      |                    |      |      |
| 1             | 85,78               | 91,99              | 80,99 <sup>ab</sup>  | 86,26              | 9,2  | 15,1 |
| 2             | 84,58               | 98,32              | 94,60 <sup>a</sup>   | 92,50              |      |      |
| 3             | 89,71 <sup>A</sup>  | 99,90 <sup>A</sup> | 61,80 <sup>Bb</sup>  | 83,81              |      |      |
| 4             | 95,19               | 90,76              | 99,09 <sup>a</sup>   | 95,01              |      |      |
| 5             | 83,15               | 98,69              | 85,84 <sup>a</sup>   | 89,23              |      |      |
| Médias        | 87,68 <sup>B</sup>  |                    | 95,34 <sup>A</sup>   | 84,46 <sup>B</sup> |      |      |
| DMS (Época)   |                     |                    | 17,78                |                    |      |      |
| DMS (Manejo)  |                     |                    | 21,74                |                    |      |      |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

Este fato pode ser explicado pelo fato do milho ser adaptado a solos de média fertilidade, desta forma na época E<sub>2</sub> com menores níveis determinados

para estas bases trocáveis estudadas, os manejos com permanência da fitomassa destacaram uma melhoria nas propriedades físicas do solo. Sendo assim, presume-se que algum componente associado às características morfológicas da planta, pois é uma gramínea que participa ativamente no processo físico-químico de agregação, pode ter otimizado a melhoria dos atributos físicos estudados, justamente na época de semeadura E<sub>2</sub> com menores níveis de fertilidade do solo.

Apesar da não significância da matéria orgânica, com relação a sua quantidade entre os tratamentos, a qualidade da matéria orgânica pode também afetar o seu grau de flocculação, pois segundo Piccolo & Mbagwu (1994) os grupos ácidos reativos se distribuem por toda a macromolécula e a ligação com cátions polivalentes pode ocorrer com diferentes partículas de argila simultaneamente, como resultado, aumenta-se a agregação das partículas, melhorando o grau de flocculação.

#### **6.2.4 Diâmetro Médio Ponderado de Agregados do Solo**

Para o diâmetro médio ponderado dos agregados foram observadas diferenças estatísticas significativas para época de semeadura, para todas as profundidades estudadas (Quadro 13).

Os teores de cálcio e magnésio (Quadros 8 e 9) são proporcionais ao maior diâmetro médio ponderado de agregados encontrado na primeira época de semeadura E<sub>1</sub> e no manejo M<sub>4</sub>, sendo que estes maiores valores de agregação mostraram significância a 5% de probabilidade através do teste de médias utilizado.

A interação entre manejo e época de semeadura para índice DMP para a camada de 0-0,05 m permite afirmar que os manejos 2 e 5 merecem destaque, com relação a primeira época de semeadura do milho. Observa-se portanto que os manejos

2, 4 e 5 com permanência de fitomassa, acentuaram a estruturação do solo superficialmente.

A primeira época de semeadura foi significativamente superior às demais, com relação ao diâmetro médio ponderado de agregados (DMP). Apenas para a camada de 5-10 cm não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. Agostini (2001), estudando a sucessão soja-milheto-guandu, também observou um aumento na agregação do solo.

Como não foram observadas diferenças significativas quanto ao teor de matéria orgânica entre os tratamentos, a significância do aumento do índice de agregação pode ser atribuída à ação do sistema radicular do milho e da soja. Melhoria na agregação do solo, devido a influência do tipo do sistema radicular, foi encontrada por Campos et al.

Quadro 13. Médias da interação época x manejo para o diâmetro médio ponderado (mm) nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

| Manejo         | Época de semeadura |                    |                    |        | CV1  | CV2 |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|------|-----|
|                | 1                  | 2                  | 3                  | Médias |      |     |
| ----- mm ----- |                    |                    |                    |        |      |     |
| 0 - 0,05 m     |                    |                    |                    |        |      |     |
| 1              | 4,83               | 4,58               | 4,32               | 4,57   | 11,9 | 8,1 |
| 2              | 5,12 <sup>A</sup>  | 3,98 <sup>AB</sup> | 3,96 <sup>B</sup>  | 4,35   |      |     |
| 3              | 4,80               | 4,65               | 4,01               | 4,48   |      |     |
| 4              | 5,06               | 4,43               | 4,12               | 4,54   |      |     |
| 5              | 5,09 <sup>A</sup>  | 3,88 <sup>B</sup>  | 4,14 <sup>AB</sup> | 4,37   |      |     |
| Médias         | 4,98 <sup>A</sup>  | 4,30 <sup>B</sup>  | 4,11 <sup>B</sup>  |        |      |     |
| DMS (Época)    |                    |                    | 1,15               |        |      |     |
| DMS (Manejo)   |                    |                    | 1,41               |        |      |     |
| 0,05 - 0,10 m  |                    |                    |                    |        |      |     |
| 1              | 5,15               | 4,58               | 4,69               | 4,80   | 10,6 | 8,1 |
| 2              | 5,26               | 4,68               | 4,46               | 4,80   |      |     |
| 3              | 5,03               | 4,40               | 4,59               | 4,67   |      |     |
| 4              | 5,16               | 4,72               | 4,36               | 4,75   |      |     |
| 5              | 4,48               | 4,46               | 4,49               | 4,48   |      |     |
| Médias         | 5,02               | 4,57               | 4,52               |        |      |     |
| DMS (Época)    |                    |                    | 1,08               |        |      |     |
| DMS (Manejo)   |                    |                    | 1,32               |        |      |     |

|               |                   | 0,10 - 0,20 m      |                   |      |     |     |
|---------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|-----|-----|
| 1             | 5,35 <sup>A</sup> | 4,72 <sup>AB</sup> | 4,15 <sup>B</sup> | 4,74 | 7,9 | 5,8 |
| 2             | 4,85              | 4,82               | 4,41              | 4,69 |     |     |
| 3             | 5,18 <sup>A</sup> | 4,59 <sup>AB</sup> | 4,13 <sup>B</sup> | 4,63 |     |     |
| 4             | 5,17 <sup>A</sup> | 4,90 <sup>AB</sup> | 4,34 <sup>B</sup> | 4,80 |     |     |
| 5             | 5,11              | 4,55               | 4,51              | 4,73 |     |     |
| <i>Médias</i> | 5,13 <sup>A</sup> | 4,72 <sup>B</sup>  | 4,31 <sup>C</sup> |      |     |     |
| DMS (Época)   |                   | 0,81               |                   |      |     |     |
| DMS (Manejo)  |                   | 1,00               |                   |      |     |     |
|               |                   | 0,20 - 0,40 m      |                   |      |     |     |
| 1             | 5,18 <sup>A</sup> | 5,00 <sup>A</sup>  | 4,08 <sup>B</sup> | 4,76 | 7,4 | 5,9 |
| 2             | 5,12              | 4,78               | 4,41              | 4,77 |     |     |
| 3             | 5,22 <sup>A</sup> | 5,11 <sup>AB</sup> | 4,45 <sup>B</sup> | 4,93 |     |     |
| 4             | 5,24 <sup>A</sup> | 4,57 <sup>AB</sup> | 4,18 <sup>B</sup> | 4,66 |     |     |
| 5             | 5,13 <sup>A</sup> | 4,48 <sup>AB</sup> | 4,25 <sup>B</sup> | 4,62 |     |     |
| <i>Médias</i> | 5,18 <sup>A</sup> | 4,79 <sup>B</sup>  | 4,28 <sup>C</sup> |      |     |     |
| DMS (Época)   |                   | 0,77               |                   |      |     |     |
| DMS (Manejo)  |                   | 0,94               |                   |      |     |     |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

(1995) e Carpenedo & Mielniczuk (1990).

No entanto, Castro Filho et al. (1998) não encontraram efeito significativo da interação da rotação de culturas com o índice DMP. Porém, este índice foi maior no tratamento em que o milho estava presente na rotação de cultura, em razão da maior quantidade de carbono orgânico resultante, do acúmulo de resíduos vegetais com elevada relação C/N.

Segundo Paladini & Mielniczuk (1991), as culturas apresentam comportamento diferenciado na agregação do solo. Após cinco anos de implantação de diferentes sucessões de culturas, esses autores concluíram que a mais eficiente foi a guandu/milho até 2,5 metros de profundidade. Silva & Mielniczuk (1997b) verificaram que

as gramíneas anuais, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre

partículas minerais e os agregados do solo.

Houve interação significativa para DMP em todas as profundidades analisadas, exceto para a camada de 0,05-0,10 m. Observou-se também que a época 3 mostrou-se significativamente com menor índice de agregação DMP em todas as camadas analisadas.

No presente trabalho pode-se observar que a combinação do manejo 4 com a primeira época de semeadura ( $E_1$ ) apresentou maiores médias de produtividade e de produção de matéria seca do milheto. Este fato demonstra uma melhoria na agregação do solo para o quarto manejo dentro da primeira época de semeadura.

### **6.3 Cultura do Milheto (1999)**

A cultura do milheto apresentou diferença de comportamento em seu desenvolvimento em função das épocas de semeadura. Dessa forma, as épocas  $E_1$  e  $E_2$  possibilitaram duas ceifas para os tratamentos ( $M_1$  e  $M_2$ ), respectivamente aos 30/04/99 e 02/07/99 para  $E_1$ , e aos 28/05/99 e 03/08 /99 para  $E_2$ , enquanto a época mais tardia de semeadura  $E_3$  proporcionou apenas uma ceifa, realizada aos 05/08/99. Observou-se, ainda, que para se atingir o início da emissão da panícula (florescimento, para realização da ceifa) houve atraso do florescimento em função do retardamento da semeadura, sendo a maior diferença verificada entre  $E_2$  e  $E_3$ . Estas diferenças devem ser atribuídas às temperaturas mais baixas, a que estiveram sujeitas as plantas de  $E_3$  durante a fase de desenvolvimento vegetativo, pois de acordo com Ferraris & Norman (1976) este fator climático interfere no crescimento do milheto como observado para esta época

de semeadura. Todavia, também não se pode descartar o possível efeito da falta de chuvas, principalmente no estágio de emergência das plântulas, se comparado com as duas épocas anteriores de semeadura, tendo em vista a sensibilidade hídrica do milho neste estágio inicial de crescimento, conforme observado por Seiffer & Barreto (1977).

O início da emissão da panícula, tanto para as plantas como para as rebrotas ocorreu em torno de dois meses após a semeadura ou ceifa, para as épocas E1 e E2, mostrando a sensibilidade desse cultivar ao fotoperíodo de outono/inverno, tendo em vista ser considerado uma espécie de dia curto na maioria dos cultivares (Burger, 1984).

Ao se avaliar a produção de fitomassa, por ocasião do manejo final da cultura do milho (último corte), antes da implantação da cultura da soja, observou-se comportamento distinto entre os manejos para cada época de semeadura. Assim, nas épocas E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub>, os tratamentos M<sub>1</sub> e M<sub>2</sub>, que sofreram duas ceifas, apresentaram maiores produções de fitomassa que M<sub>5</sub>. Este comportamento pode ser atribuído ao fato da planta não sofrer o estímulo que os outros manejos receberam, ou seja, a ceifa do milho quando conveniente, deverá ser efetuada preferencialmente de 0,20-0,30 m de altura. Nas Figuras 8, 9 e 10, ilustra-se a produção de fitomassa do milho em cada época, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> e E<sub>3</sub>, respectivamente, em função dos manejos adotados.

Os manejos M<sub>3</sub> e M<sub>4</sub>, com uma ceifa, apresentam valores intermediários. Para a época 3 (E3), os manejos M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>, por terem sofrido uma única ceifa, apresentaram valores menores que M<sub>5</sub>, de livre crescimento. Desta forma, nesta avaliação a fitomassa produzida pelas plantas sem ceifa foi sempre maior que a da rebrota e estas por sua vez, maior que a da segunda rebrota.

Comparando-se a produção de fitomassa dentro dos tratamentos verifica-se que não houve diferença de produção para M<sub>1</sub> e M<sub>2</sub>, entre as três épocas de

semeadura, já que  $E_1$  e  $E_2$  sofreram duas ceifas. A segunda ceifa, efetuada nas duas primeiras épocas, foi pouco antes da única realizada em  $E_3$ , permitindo um crescimento semelhante de rebrotas. Para  $M_3$  e  $M_4$ , com ceifa única, o melhor desempenho foi verificado para  $E_2$ , enquanto o pior foi para  $E_3$ . Na  $E_3$  o período entre a ceifa e o manejo final foi mais curto, enquanto para  $E_2$  as condições de precipitação foram mais favoráveis para o crescimento da rebrota que para  $E_1$ .

Para o tratamento de livre crescimento  $M_5$ , à medida que se atrasou a semeadura a produção de massa no manejo final foi menor. Pode-se relacionar esta maior fitomassa em  $E_1$  com ciclo maior, pois para  $E_1$ , em 30/07, as panículas foram retiradas, permanecendo as plantas até o final, enquanto que para as demais épocas ( $E_2$  e  $E_3$ ) as panículas foram retiradas em primeiro de outubro. Reduções na produção de fitomassa foram também observadas em outros trabalhos como os de Lira et al. (1977), Westphalen & Jacques (1978) e Salton & Hernani (1994).

Analisando-se o total de fitomassa produzido pelos diferentes manejos, dentro de cada época, os tratamentos não mostraram diferença significativa. Todavia, pela análise conjunta das três épocas, obteve-se menor produção nos tratamentos destinados a livre crescimento ( $M_5$ ), enquanto nos demais os resultados foram semelhantes tanto para aquelas com uma ou duas ceifas no florescimento, seguidas da ceifa final de manejo. Com relação às épocas, verificou-se que com o atraso da semeadura houve diminuição da fitomassa total produzida, com redução acentuada em  $E_3$ . Esta redução está de acordo com os resultados obtidos por outros autores como Lira et al. (1977), Westphalen & Jacques (1978), Salton & Hernani (1994) e Scalea (1999) tendo sido atribuída a fatores como fotoperíodo, baixa temperatura e pouca precipitação pluvial.

Cabe ressaltar que embora não tenham sido observadas



diferenças significativas para a produção de fitomassa do milho entre os manejos com ceifa, apenas nos manejos 2 e 4 houve permanência de palhada na superfície do solo podendo esta influenciar nas propriedades físicas e químicas do solo e na produtividade da cultura da soja.

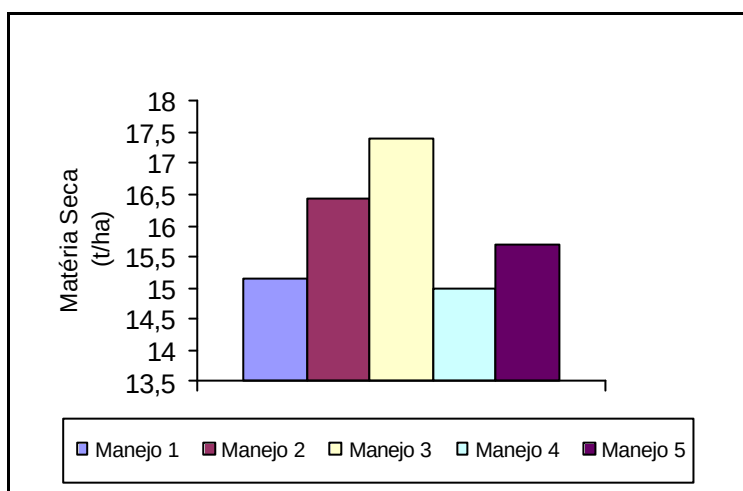


Figura 8. Matéria seca (t/ha) em função dos diferentes manejos adotados, na época 1 (E1) de semeadura do milho

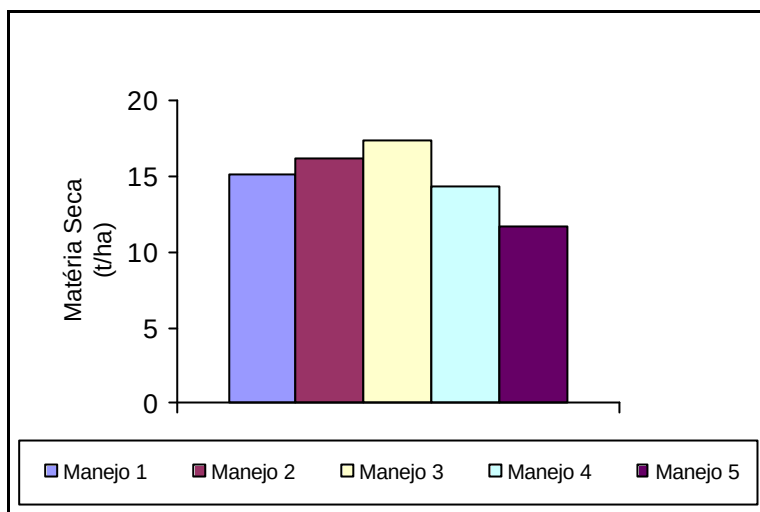


Figura 9. Matéria seca (t/ha) em função dos diferentes manejos adotados, na época 2 (E2) de semeadura do milheto

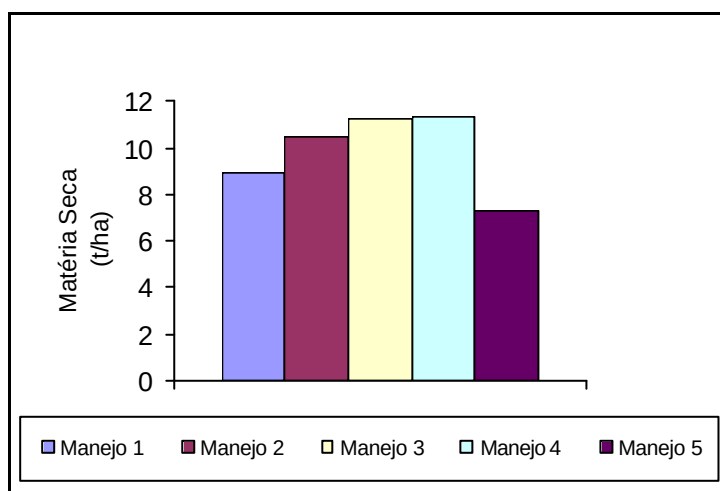


Figura 10. Matéria seca (t/ha) em função dos diferentes manejos adotados, na época 3 (E3) de semeadura do milheto

#### 6.4 Cultura da Soja (1999/2000)

A cultura da soja foi instalada em sucessão ao experimento com três épocas de semeadura do milho que, em função dos tratamentos compostos pela combinação de épocas e manejos, resultou em diferentes condições de fitomassa residuais como cobertura no solo (Quadro 14). Cabe ressaltar que os tratamentos M<sub>1</sub> e M<sub>3</sub>, para as três épocas de semeadura do milho, forneceram menor quantidade de fitomassa, pois as mesmas foram retiradas por ocasião das ceifas, restando apenas as rebrotas que permaneceram no manejo final, antes da instalação da soja. Os tratamentos da terceira época são os que apresentaram as menores quantidades de fitomassa.

Os manejos que utilizaram a permanência de fitomassa (M<sub>2</sub> e M<sub>4</sub>) apresentaram uma maior produção resultando em valores de produtividade da soja que não foram significativos estatisticamente, mas apresentaram um ganho em produtividade que pode ser conferido em melhor renda para o produtor.

Estas diferenças quanto a quantidade de fitomassa de milho entre os tratamentos não repercutiram em modificações evidentes no desenvolvimento da cultura subsequente, tanto na ocorrência dos principais estádios (Fehr et al. 1971) como no ciclo. A população de plantas obtidas por ocasião da colheita mostrou-se correlacionada positivamente ( $r=0,659^{**}$ ) com a fitomassa do milho do tratamento, ou seja, maiores populações finais foram observadas naqueles tratamentos com maior quantidade de fitomassa ou palha da cultura anterior. Isto demonstra que a resteva do milho proporcionou condições adequadas para o crescimento das plantas de soja, nas condições em que se manejou a fitomassa.

Quadro 14. Médias da interação época x manejo para a produção de matéria seca do milho (t/ha) e para produtividade de soja (kg/ha), Botucatu, SP.

| Manejo       | Matéria Seca                    |                     |                    |                     | CV1   | CV2   |
|--------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------|-------|
|              | 1                               | 2                   | 3                  | Médias              |       |       |
|              | -----t . ha <sup>-1</sup> ----- |                     |                    |                     |       |       |
| 1            | 15,14 <sup>A</sup>              | 15,16 <sup>A</sup>  | 8,94 <sup>B</sup>  | 13,08 <sup>AB</sup> | 16,95 | 16,18 |
| 2            | 16,42 <sup>A</sup>              | 16,14 <sup>A</sup>  | 10,45 <sup>B</sup> | 14,34 <sup>AB</sup> |       |       |
| 3            | 17,40 <sup>A</sup>              | 17,34 <sup>A</sup>  | 11,22 <sup>B</sup> | 15,32 <sup>A</sup>  |       |       |
| 4            | 14,98                           | 14,39               | 11,31              | 13,56 <sup>AB</sup> |       |       |
| 5            | 15,68 <sup>A</sup>              | 11,75 <sup>AB</sup> | 7,28 <sup>B</sup>  | 11,57 <sup>B</sup>  |       |       |
| Médias       | 15,93 <sup>A</sup>              | 14,96 <sup>A</sup>  | 9,84 <sup>B</sup>  |                     |       |       |
| DMS (Época)  | 5,0                             |                     |                    |                     |       |       |
| DMS (Manejo) | 6,10                            |                     |                    |                     |       |       |
|              | -----kg . ha-----               |                     |                    |                     |       |       |
| 1            | 2565,89                         | 2031,02             | 2808,54            | 2468,49             | 21,50 | 15,35 |
| 2            | 2914,83                         | 2581,28             | 3150,51            | 2882,21             |       |       |
| 3            | 2898,01                         | 2635,93             | 2998,68            | 2844,21             |       |       |
| 4            | 3437,35                         | 2827,87             | 3048,86            | 3104,69             |       |       |
| 5            | 3243,43                         | 2181,72             | 2921,60            | 2782,25             |       |       |
| Médias       | 3011,91                         | 2451,56             | 2985,64            |                     |       |       |
| DMS (Época)  | 1313,47                         |                     |                    |                     |       |       |
| DMS (Manejo) | 1605,78                         |                     |                    |                     |       |       |

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Manejo – 1: Ceifa a cada florescimento e retirada da fitomassa; 2: Ceifa a cada florescimento e permanência da fitomassa; 3: Ceifa no florescimento e retirada da fitomassa; 4: Ceifa no florescimento e permanência da fitomassa; 5: Livre crescimento, sem ceifar. Época – 1: Primeira época de semeadura do milho; 2: Segunda época de semeadura do milho; 3: Terceira época de semeadura do milho. DMS: Diferença mínima significativa. CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela.

No entanto a produtividade da cultura não foi afetada pelos manejos e sim pelas épocas. Para época E<sub>1</sub> obteve-se os melhores valores de produtividade, enquanto que para E<sub>2</sub> os menores. Em trabalhos que estudaram os efeitos da cultura anterior de inverno sobre as características e o comportamento da produção de soja, foram observados efeitos significativos ou não, em função das espécies, mas principalmente em função da ocorrência ou não de veranicos ao longo do ano (Santos & Pereira, 1987; Santos & Reis, 1990; Santos, 1991; Santos *et al.*, 1991a,b; Santos *et al.*, 1994).

A produtividade de grãos de soja, cultivada após o manejo M<sub>1</sub>

de milheto, resultou em menor produtividade, enquanto que após o manejo  $M_4$  a produtividade foi maior, embora sem diferirem significativamente dos demais tratamentos.

Com relação às épocas verificou-se que  $E_1$  e  $E_3$  resultaram nas maiores produtividades.

A produtividade de soja foi maior nos manejos  $M_4$  e  $M_5$  para a época  $E_1$ , do que no  $M_4$  da época  $E_2$ . Entretanto, comparando-se as épocas observa-se que estas diferenças não são significativas quando avaliou-se a produtividade de grãos de soja. Nas Figuras 11, 12 e 13, pode-se verificar que a maior produtividade foi a obtida para a  $E_1$ .

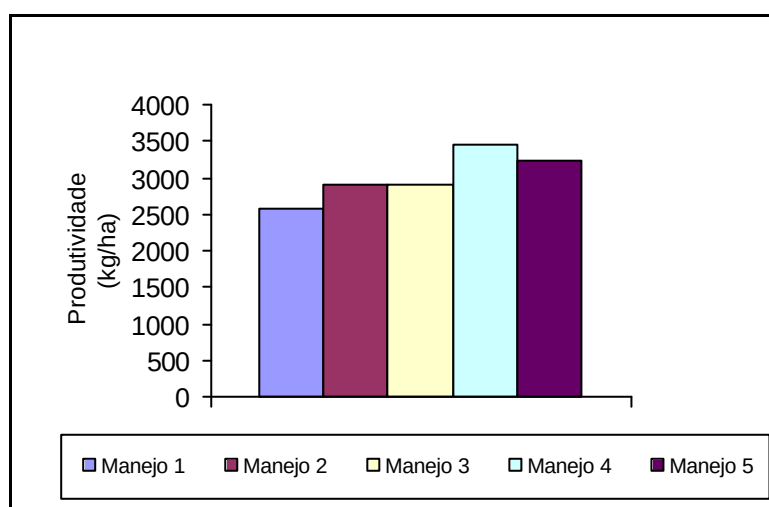


Figura 11. Produtividade (kg/ha) da soja em função dos diferentes manejos adotados, na época 1 ( $E_1$ ) de semeadura do milheto

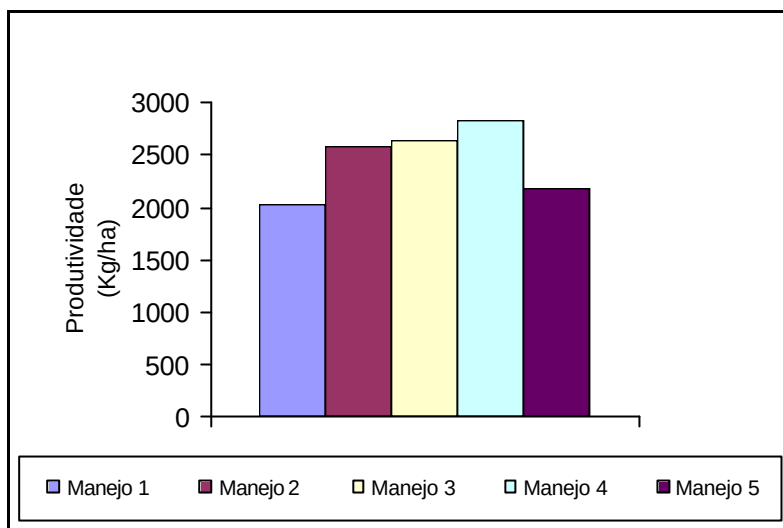


Figura 12. Produtividade (kg/ha) da soja em função dos diferentes manejos adotados, na época 2 (E2) de semeadura do milheto

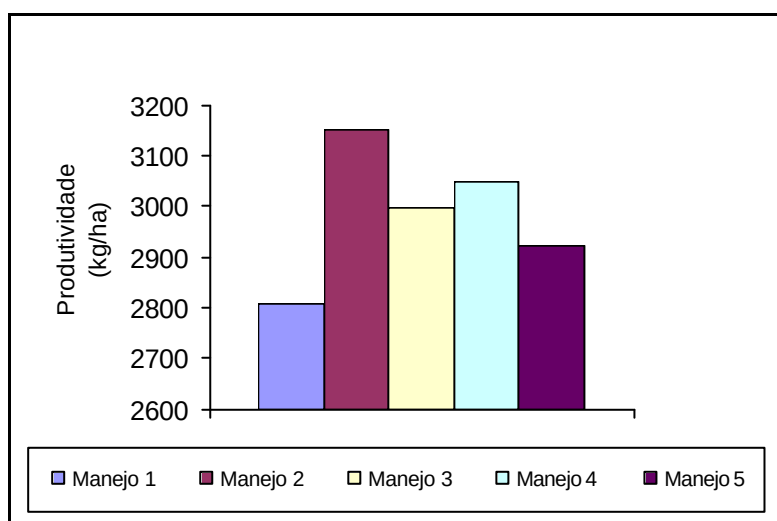


Figura 13. Produtividade (kg/ha) da soja em função dos diferentes manejos adotados, na época 3 (E3) de semeadura do milheto

## 7 CONCLUSÕES

A segunda época de semeadura do milheto resultou em condições mais adequadas para as propriedades físicas do solo, com menores valores de densidade do solo, maior porosidade total e maior grau de flocculação.

O manejo 4 da primeira época de semeadura promoveu melhoria no diâmetro médio ponderado dos agregados do solo.

A época E<sub>2</sub> apresentou melhores condições para semeadura da cultura da soja.

A época de semeadura e sistema de manejo interferiram no desenvolvimento do milheto

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, P.U.R. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.3, n.3, p.169-72, 1979.
- AGOSTINI, L.A. *Plantio direto em diversas condições de uso e manejo de um latossolo vermelho distrófico argiloso: efeito nas propriedades físicas e químicas e na produção de grãos de soja*. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo). Jaboticabal, 2001. 77p. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- ALBUQUERQUE, J.A., REINERT, D.J., FIORIN, J.E., RUEDELL, J., PETRERE, C., FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistema de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de 7 anos. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.19, p.115-119, 1995.
- ALMEIDA, F.S., RODRIGUES, B.N. Plantio direto. In \_\_\_\_: *Guia de herbicidas: recomendações para o uso em plantio direto e convencional*. Londrina: IAPAR, p.341-93, 1985.
- ALVARENGA, R.C., COSTA, L.M., MOURA FILHO, W., REGAZZI, A.J. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes por leguminosas, em resposta à



- compactação do solo. *Revista Ceres*, v.44, n.254, p.421-431, 1997.
- ALVES, M.C. *Sistemas com rotação de culturas em plantio direto em latossolo roxo: Efeitos nas propriedades físicas e químicas*. 137p. Tese (Doutorado em Agronomia-Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.
- BALDISSERA, I.T. Influência de sistemas de manejo e coberturas vegetais nas características físicas do solo. *Lavoura Arrozeira*, v. 35, n.385, p. 30-2, 1985.
- BENEZ, S.H. *Efeitos de preparo de solo, cultivos e calagem na cultura do milho (Zea mays L.)*. Botucatu, 1980. 130p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- BRAFFORD, J. M. enetrability. In: KLUTE, A, (Ed.). *Methods of soil analysis, physical, chemical and mineralogical methods*. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 563-478.
- BURGER, A W. Crop Classification. In: TESAR, M.B. (ed.). *Physiological basis of crop growth and development*. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 01-12.
- CAMARGO, O.A. *Compactação do solo e desenvolvimento das plantas*. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CAMARGO, O.A., ALLEONI, L.R.F. *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: O.A. Camargo, L.R.F. Alleoni, 1997. 132p.
- CAMPOS, B. C. Estabilidade estrutural de um latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.19, p.121-126, 1995.
- CANNEL, R. Q. Soil cultural practices related to root development. In: RUSSEL, R.S., IGUE, R., METHA, Y. R. *The soil/root system in relation to Brazilian Agriculture*.

- Londrina: IAPAR, p.61-80, 1981.
- CARPENEDO,V., MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.14, p.99-105, 1990.
- CARVALHO, W.A., ESPINDOLA, C.R., PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental Presidente Médici. *Bol. Cient. Fac. Cienc. Agron. UNESP(Botucatu)*, n.1, p.1-95, 1983.
- CASTRO, O. M., LOMBARDI NETO, F., QUAGGIO, J.A., DE MARIA, I.C., VIEIRA,S.R., DECHEN, S.C.F. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.10, p.293-297, 1986.
- CASTRO FILHO, C., MUZZILI, O., PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico em função dos sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.2, p.527-538, 1998.
- CENTURION, J.F., DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.9, p.263-266, 1985.
- CISNEROS, J. Homogeneidad física, resistencia a la penetración y humedad del suelo en sistemas de labranza para el area manisera de córdoba. In: BALBUENA, R.H., BENEZ, S.H., JORAJURIA, D. *Ingenieria rural y mecanización agraria en el ambito latinoamericano*. La Plata: Editorial de la U.N.L.P., p.120-7, 1998.
- CORSINI, P.C., FERRAUDO, A.S. Efeito de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.34, p.289-298, 1999.

- DECHEN, S.C.F., LOMBARDI NETO, F., CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em latossolo roxo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.5, p.133-137, 1981.
- DEDECEK, R.A., RESK, D.V.S., FREITAS JUNIOR, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.10, p.265-272, 1986.
- DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N., KOPKE, U. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Eschborn:GTZ, 1991. 272p.
- DERPSCH, R., CALEGARI, A. *Plantas para adubação verde de inverno*. IAPAR:Londrina, 1992. 78p.
- ELTZ, F.L.F., PEIXOTO, L.T.G., JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo de solo nas propriedades físicas de um Latossolo Bruno Álico. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.13, p.259-267, 1989.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. Brasília:Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999. 412p.
- FAGANELLO, A., SATTler, A., PORTELLA, J.A. Eficiência de semeadoras na emergência de plântulas de milho (*Zea mays*) sob sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. *Anais...*Poços de Caldas:Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. v.3, p.229.
- FEHR, W. R., CAVINESS, C. E., BURMOOD, D. T., PENNINGTON, J. S. Stage of

- development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, v.11, p.929-931, 1971.
- FERRARIS, R.; NORMAN, M. J. T. Factors affecting the regrowth of *Pennisetum americanum* under frequent defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.27, p. 365-371, 1976.
- FORNSTROM, K.J., BOEHNKE, R.D. A goming mulch tillage system to reduce wind erosion losses of sugar beets. *Journal of American Society of Sugar Beet Technology*, v.19, p.6375, 1976.
- FREITAS, P. L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J.N. *Fascículo de experiências de plantio direto no Cerrado*. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado, cap. 10, p. 199-216, 1995.
- GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. 10<sup>a</sup>. ed. São Paulo , Livraria Nobel, 1982. p. 430.
- HERNANI, L.C., SALTON, J.C. Manejo do Solo. In: *Recomendações Técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso*. Dourados: EMBRAPA, 1996.p.43-53.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO- (IPT). Divisão de Minas e Energia Aplicada. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo* (escala 1:500.000), 1981.
- JORGE, J.A. *Física e manejo dos solos tropicais*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 308p.
- KIEHL, E. J. *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Editora Ceres, 1979. 264p.
- KLEIN, V.A., LIBARDI, P. L., SILVA, A. P. Resistência do solo à penetração sob diferentes condições de umidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas :

- Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, v.3, p.61.
- KNOTTNERUS, D.J.C. Wind erosion researched by means of wind tunnel measures to control wind erosion of soil and other materials for reasons of economy and health. *Institut Voor Bodemvruchtbaarheid*, v.1, p.114, 1976.
- LANDERS, J. N. *Fascículos de experiência de plantio direto no cerrado*. APDC: Goiânia, 1995. 261p.
- LIRA, M.A., FARIS, M.A., TABOSA, J. N.; REIS, O.V. Estudos preliminares sobre o efeito de época de plantio e da aplicação de adubos na produção de grão de milheto, do sorgo e do milho. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana.*, v.1, n.1, p.89-103, 1977.
- LOMBARDI NETO, F., DE MARIA, I.C., CASTRO, O.M., DECHEN, S.C.F., VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais do milho nas perdas de solo e água. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.12, p.7175, 1988.
- LOPES, P.R.C., COGO, N.P., LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.11, p.7175, 1987.
- LUCARELLI, J.R.F. Alterações em características de um Latossolo Roxo submetido a diferentes sistemas de manejo. Campinas. 1997. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Concentração em Água e Solo). Universidade de Campinas.
- MACHADO, M.V., BRAUNER, J.L., VIANNA, A.C.T. Formas de fósforo da camada arável de solos do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.17, p.331-336, 1993.
- MARIA, I.C., CASTRO, O.M. Fósforo, Potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.17, p.471-477, 1993.
- MARTIN, A.G., JORDAN, T.N., STEINHARDT, G.C. Influence of soil compactation

- on trifluralin phytotoxicity to corn. *Agronomy Journal*, v. 77, p. 481-3, 1985.
- MATERECHERA, S.A., DEXTER, A.R., ALSTON, A.M. Penetration of very strong soils by seedlings roots of different plants species. *Plant and Soil*, v.135, p.31-41, 1991.
- MERTEN, G.H., MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em latossolo roxo sob dois sistemas de preparo do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.15, p.369-374, 1991.
- MONDARDO, A. Manejo e conservação do solo. In: TORRADO, P. V., ALOISI, R. R. (Coord.). *Plantio direto no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, p. 53-79, 1984.
- MUZZILI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.7, p.95-102, 1983.
- NOGUEIRA, S.S., MANFREDINI, S. Influência da compactação do solo no desenvolvimento da soja. *Pesq. Agropec.Bras.*, v.18, n.9, p. 973-6, 1983.
- PALADÍNI, F. L. S., MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho Escuro afetado por sistemas de culturas, ***Rev. Bras. Cienc. Solo***, v.15, p.135-140, 1991.
- 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. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.23, 189-195, 1999.
- PANAYIOTOPOULOS, K.P., PAPADOPOULOU, C.P., HATJIIOANNIDOU, A. Compaction and penetration resistance of an Alfisol and Entisol and their influence on root growth of maize seedlings. *Soil and Tillage Research*, v. 31, p.323-7, 1994.
- PEREIRA, J.A.R. *Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (Glycine max (L.) Merrill) no cerrado*. Botucatu: UNESP, 1990. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em

- Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- PICCOLO, A, MBAGWU, J.S.C. Humic substances and surfactants effects on the stability of two tropical soils. *Soil Sci. of Amer. J.*, v.58, p.950-955, 1994.
- PRATA, F., HIKISHIMA, M., SANTOS FILHO, A., MOTTA, A.C.V. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions em solos do Estado do Paraná. *Agrárias*, v.15, n.2, p.69-74, 1996.
- PRIMAVESI, O. *Fatores limitantes da produtividade agrícola e plantio direto*. São Paulo: BASF, 1985. 56p.
- RAIJ, van B., QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solos para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. 31p. (Boletim Técnico 81).
- REICHERT, J.M., VEIGA, M., CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.17, p.283-290, 1993.
- ROBERTSON, L.S., MOKMA, D.L. Crop residue and tillage considerations in energy conservation. *Energy Fact Sheet*, n.6, p.1-6, 1978.
- ROLON, M.A.F. Sistemas de cultivo de milho (*Zea mays* L.) em Latossolo Vermelho Escuro: efeitos no solo e na planta. Jaboticabal. 1996. 132p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Concentração em Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista.
- ROSOLEM, C.A. *Relações solo-planta em milho*. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 53p.
- SÁ, J.C.M., PETRERE, C. Desenvolvimento radicular da cultura de milho em solos sob plantio direto da Região dos Campos Gerais e do Planalto Gaúcho. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1, Castro. *Anais...* Castro: Fundação ABC, p. 162-204, 1995.
- SALTON, J.C., HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para produção de

- palha no Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, 1994, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis:SBCE, 1994. p.248-249.
- SALTON, J.C., KICHEL, A.N. *Milheto – Alternativa para cobertura do solo e alimentação animal*. Dourados:EMBRAPA. Folheto. 1997.
- SALTON, J.C., KICHEL, A.N. *Milheto – Alternativa para cobertura do solo e alimentação animal*. Revista Plantio Direto. n.45, p.41-42, maio/jun. 1998.
- SANTOS FILHO, A. Capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos do Estado do Paraná. *Rev. do Setor de Ciênc. Agr.*, 1985.
- SANTOS, H.P.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. VII. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e algumas características agrônômicas das plantas de soja, no período de 1975 a 1985. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 22, n.1, p.63-70, 1987.
- SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Rotação de culturas. XIX. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas da soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.25, n.11, p.1637-1645, 1990.
- SANTOS, H.P., LHAMBY, J.C.B., SANDINI, I. Efeito de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas sobre algumas características da soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.32, n.11, p.1141-1146, 1997.
- SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 1999. 508p.
- SANTOS, H. P. Soja em sucessão a aveia branca, aveia preta, azevém e trigo: Características agrônômicas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.26, n.9, p.1563-1576, 1991.
- SANTOS, H.P.; WOBETO, C.; PEREIRA, L.A. Rotação de culturas em Guarapuana. X. Efeitos de culturas de inverno em plantio direto sobre características agrônômicas da soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.26, n.9, p.1551-1561, 1991a.



- SANTOS, H.P., VIEIRA, S.A., PEREIRA, L.R., ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XVI. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos e outras características agronômicas das plantas de soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.26, n.9, p.1535-1545, 1991b.
- SANTOS, H.P., PEREIRA, L.R., REIS, E.M. Rotação de culturas em Guarapuana. XII. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas sobre o rendimento de grãos e sobre outras características agronômicas da soja, em plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.29, n.6, p.907-916, 1994.
- SCALÉA, M. Millet-growing and its use in no till planting in Brazil's Cerrado Savanas. In: *Proceedings...*, Planaltina Embrapa Cerrados, 1999. p.75-82.
- SEIFFERT, N.F., BARRETO, I.L. Forrageiras para ensilagem. I.Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays* (L.)), sorgo (*Sorghum bicolor* sp.) e milheto (*Pennisetum americanum* Schum) na região da depressão central do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sulriograndense*, v.13, p.205-214, 1977.
- SHIERLAW, J. & ALSTON, A.M. effect of soil compaction on root and uptake of phosphorus. *Plant Soil*, The Hague, 77:15-28, 1984.
- SIDIRAS, N., HENKLAIN, J. C., DERPSCH, R. Comparison for three different tillage systems with respect to aggregate stability the soil and water conservations and the yields of soybean and wheat on a oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9, 1982, Osijek. *Proceedings...*, p.537-544.
- SIDIRAS, N., VIEIRA, S.R., ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.8, p.265-268, 1984.
- SIDIRAS, N., PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de

- fertilidade. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.9, p.249-254, 1985.
- SILVA, I. de F., MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.21, p.313-319, 1997a.
- SILVA, I. de F. MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.21, p.113-117, 1997b.
- SILVA, I. DE F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.22, p.311-317, 1998.
- SILVA, I. F., ANDRADE, A. P., CAMPOS FILHO, C. R., OLIVEIRA, F. A. P. Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle da erosão. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.10, p.289-292, 1986.
- SILVA, R.H. Crescimento radicular e nutrição da soja (*Glycine max*) em função da cultura anterior e da compactação em Latossolo Vermelho Escuro. Botucatu, 1998. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- SIQUEIRA, R., BOLLER, W., GAMERO, C.A. Capacidade de trabalho e consumo de combustível na trituração de três coberturas vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997 (Arquivo MAG 025, editado em cd-rom).
- SOANE, B. D., PIDGEON, J. D. Tillage requirements in relation to soil physical properties. *Soil Science*, v.119, n.5, p.376-84, 1975.
- TORMENA, C.A., ROLOLF, G., SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. *Rev. Bras. Cienc. Solo*,

v.22, p.301-309, 1998.

TORRES, E., SARAIVA, O.F., GALERANI, P.R. *Manejo do solo para a cultura da soja*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1993. 71p.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Plantio direto no Estado do Paraná*. Londrina: IAPAR, Circular 23, p. 19-32, 1981.

VIEIRA, M.J., MUZZILI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.19, n.7, p.873-882, 1984.

WESTPHALEN, S.L., JACQUES, A.V.A. Efeitos de época de semeadura, estágio de crescimento e altura de corte sobre rendimento de matéria seca e proteína bruta de milho pérola. 1. Cultivar de floração tardia. *Agronomia Sulriograndense*, v.14, n.1, p.87-106, 1978.

WILD, A. A. (Ed.) *Soil conditions and plant growth*. 11.ed. Nova Iorque: Longman Scientific & Technical, 1988. 991p.

YOSHIDA, K. Efeitos de dois sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Científica*, v.19, n.1, p.103-27, 1991.