

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – FEAGRI

**SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA, QUALIDADE DO SOLO  
E O CONTROLE DA EROÇÃO EM PARCELAS  
EXPERIMENTAIS**

**SEBASTIÃO ROVILSON MARQUES**

CAMPINAS - SP  
DEZEMBRO DE 2006



## PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por **Sebastião Rovilson Marques**, aprovada pela Comissão Julgadora em 01 de dezembro de 2006.

Campinas, 20 de maio de 2008.

Profª. Drª. Mara de Andrade Marinho Weill  
Presidenta

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – FEAGRI

**SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA, QUALIDADE DO SOLO  
E O CONTROLE DA EROSÃO EM PARCELAS  
EXPERIMENTAIS**

*Dissertação de Mestrado submetida à banca  
examinadora para a obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Agrícola na área de  
concentração em Água e Solo.*

**SEBASTIÃO ROVILSON MARQUES**

**Orientadora: Profa. Dra. Mara de Andrade Marinho Weill.**

CAMPINAS - SP  
DEZEMBRO DE 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -  
UNICAMP

M348s Marques, Sebastião Rovilson  
Sistemas de manejo agrícola, qualidade do solo e o  
controle da erosão em parcelas experimentais /  
Sebastião Rovilson Marques. --Campinas, SP: [s.n.],  
2006.

Orientador: Mara de Andrade Marinho Weill  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Solos - Manejo. 2. Solos - Erosão. 3. Plantio  
direto. 4. Física do solo. 5. Solos – Qualidade. 6.  
Latosolo. I. Weill, Mara de Andrade Marinho. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Agricultural management systems, soil quality, and erosion  
control in experimental plots.

Palavras-chave em Inglês: No-tillage, Conventional tillage, Typic haplorthox,  
Soil physics, Interrill erosion.

Área de concentração: Água e Solo.

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora: Marlene Cristina Alves e Edson Eiji Matsura

Data da defesa: 01/12/2006

*A paz, o desenvolvimento e a proteção do meio ambiente são interdependentes e inseparáveis (ECO RIO 1992).*

## **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Dra. Mara de Andrade Marinho Weill, pela confiança, orientação e apoio.

Ao Prof. Dr. Edson Eiji Matsura, pela acolhida nesta Instituição e pelas sugestões no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores: Dr. Luiz Lonardoni Foloni, Dra. Isabella Clerici De Maria e Dra. Marlene Cristina Alves, pelas sugestões no desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. José Ruy Porto de Carvalho, pesquisador da Embrapa, pelos cálculos estatísticos e à Mestranda Laura Fernanda Simões da Silva pelos cálculos estatísticos e pelo apoio.

A todos os Professores com os quais tive a oportunidade de aprendizado.

Aos funcionários do Laboratório de Solos, José Ricardo de Freitas Lucarelli, Antônio Alvarez Júnior e Célia Pazzarim, pelo apoio nos trabalhos de campo, laboratório e organização dos dados.

Aos funcionários e amigos da Secretaria de Pós Graduação pelos serviços prestados.

À FEAGRI, pela oportunidade de um crescimento profissional, pelo convívio acadêmico e pelos novos amigos.

Aos colegas e amigos da pós-graduação e da graduação, Adriane, Anderson, Cláudia, Daniel, Douglas, Evandro, Ludmila, Márcio e Rodrigo, pelo companheirismo e colaboração.

Ao Instituto Agronômico de Campinas, pelas disciplinas cursadas.

Aos Pais, desde os primeiros ensinamentos,

Aos Irmãos, pelo exemplo, incentivo e troca de experiências.

À Esposa e aos Filhos, pela compreensão, apoio e por suportarem juntos as dificuldades impostas.

**AGRADEÇO A DEUS.**

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TABELAS .....	IX
RESUMO .....	XI
ABSTRACT .....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. JUSTIFICATIVA .....	2
1.2. HIPÓTESES .....	2
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DO SOLO PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL .....	4
3.2. CONCEITO DE QUALIDADE DO SOLO .....	5
3.3. SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA E QUALIDADE DO SOLO .....	6
3.3.1. <i>Sistemas conservacionistas e convencionais de manejo agrícola.....</i>	6
3.3.2. <i>Aspectos Físicos e Químicos da Qualidade do Solo Afetados pelo Manejo Agrícola .....</i>	9
3.3.3. <i>Erosão acelerada e qualidade do solo .....</i>	14
3.3.3.1. <i>Sistemas de manejo e intensidade da erosão .....</i>	15
3.4. INFLUÊNCIA DO HISTÓRICO DE USO ANTERIOR NOS SISTEMAS AGRÍCOLAS .....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1. ÁREA DA PESQUISA E AS PARCELAS EXPERIMENTAIS .....	24
4.2. ENSAIO ANTERIOR NA ÁREA DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS DA FEAGRI/ UNICAMP.....	27
4.3. ENSAIO ATUAL.....	28
4.3.1. <i>Caracterização da condição do solo das parcelas após o ciclo de tratamentos do ensaio anterior.....</i>	28
4.3.2. <i>Ensaio atual na área das parcelas experimentais.....</i>	30
4.3.3. <i>Ano Agrícola 2003/2004.....</i>	31
4.3.4. <i>Caracterização das perdas de terra por erosão.....</i>	34
4.3.5. <i>Caracterização da produção de milho nas parcelas experimentais .....</i>	35
4.4. REFERÊNCIAS PARA OS ATRIBUTOS PESQUISADO .....	35
4.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1. FASE DE PRÉ-ENSAIO: CARACTERIZAÇÃO DA CONDIÇÃO DO SOLO DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS E DA PARCELA MEMÓRIA AO FINAL DO ENSAIO ANTERIOR (JULHO DE 2003) .....	37
5.1.1. <i>Caracterização dos atributos físicos .....</i>	37
5.1.1.1. Densidade do Solo .....	38
5.1.1.2. Porosidade .....	42

5.1.1.3. Macroporosidade .....	46
5.1.1.4. Microporosidade.....	49
5.1.2. <i>Atributos químicos do solo</i> .....	52
5.2. AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO ANO DO ENSAIO ATUAL (SAFRA 2003-2004) .....	57
5.2.1. <i>Caracterização física do solo das parcelas experimentais</i> .....	57
5.2.1.1. Densidade do solo.....	59
5.2.1.2. Porosidade total, macroporosidade , microporosidade do solo .....	61
5.2.1.3. Diâmetro médio ponderado .....	63
5.2.1.4. <i>Caracterização da água do solo</i> .....	65
5.2.2. <i>Caracterização da fertilidade do solo nas parcelas experimentais no Ensaio Atual (Safr</i> <i>a 2003/2004)</i> .....	66
5.2.3. <i>Caracterização das perdas de terra por erosão nas parcelas experimentais</i> .....	67
5.2.3.1. Perdas de matéria orgânica e de nutrientes no material erodido .....	70
5.2.4. <i>Caracterização dos atributos biométricos e da produção da cultura do milho</i> .....	73
6. CONCLUSÕES .....	75
REFERÊNCIAS .....	76
APÊNDICES .....	97
APÊNDICE 1 .....	97
APÊNDICE 2 .....	98
APÊNDICE 3 .....	99
APÊNDICE 4 .....	100
APÊNDICE 5 .....	103
APÊNDICE 6 .....	104
ANEXOS .....	105
ANEXO 1 .....	105
ANEXO 2.....	107
ANEXO 3.....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo na Faculdade de Engenharia Agrícola – Unicamp, com detalhe de vista aérea das parcelas experimentais, destacando-se os seguintes sistemas: T1, T2, T3 e T4 (sistema plantio direto); T5, T6, T7 e T8 (sistema convencional).....	24
Figura 2 - Sistema coletor de enxada em parcela experimental do Campo Experimental da FEAGRI/UNICAMP.....	27
Figura 3 - Posicionamento dos locais de coletas das amostras de solo na parcela experimental na caracterização da área. ....	29
Figura 4 - Forma de deslocamento do trator na realização do plantio do milho. ....	32
Figura 5 - Parcelas fechadas por placas metálicas (nas laterais e parte superior) para contenção de enxada e prevenção de entrada de água de fora da parcela.....	33
Figura 6 - Pontos de coletas das amostras .....	34
Figura 7 - Variação da densidade do solo em profundidade nas parcelas experimentais. Condição do solo no pré-ensaio, em Julho/2003. Valores de referência: solo sob mata e solo da parcela Memória.....	42
Figura 8 - Valores médios de porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003. ....	46
Figura 9 - Valores médios de macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ). Campinas (SP) Julho/2003. ....	49
Figura 10 - Valores médios de microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003. ....	52
Figura 11 – Teores de matéria orgânica - Campinas (SP) – Julho/2003. ....	54
Figura 12 – Teores de fósforo ( $mg dm^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003. ....	54
Figura 13 – Teores de cálcio ( $mmol_c dm^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003. ....	55
Figura 14 - Teores de magnésio ( $mmol_c dm^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003. ....	56
Figura 15 - Teores de potássio ( $mmol_c dm^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003. ....	56
Figura 16 – Saturação por bases. Campinas (SP) – Julho/2003. Julho/2003. ....	57
Figura 17 – Distribuição dos agregados em classes de tamanho em dois sistemas de preparo, na camada 0,00 - 0,20 m – Campinas (SP). ....	59
Figura 18 - Valores da densidade do solo nos dois sistemas de preparo do solo para as camadas 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. ....	60
Figura 19 - Perdas de terras parcelas experimentais FEAGRI/UNICAMP – Safra 2003/2004. ....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de média, desvio padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação (CV) de atributos físicos e químicos do solo da Unidade Barão Geraldo. ....	26
Tabela 2 – Correspondência entre as parcelas e tratamentos dos ensaios anterior e atual. ....	30
Tabela 3 – Atributos físicos do solo da parcela memória (após 14 anos, mantido em pousio para regeneração da vegetação). ....	36
Tabela 4 – Atributos químicos do solo da parcela memória –FEAGRI/UNICAMP. ....	36
Tabela 5 – Valores de F, coeficiente de variação (CV %) para os valores de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade para o Latossolo Vermelho Distroférrico. Campinas-(SP). ....	37
Tabela 6. Estatística descritiva para os dados de densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> ) em três camadas. Campinas-(SP) – Julho/2003. ....	39
Tabela 7. Valores médios de densidade do solo (Mg m <sup>-3</sup> ) em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003. ....	41
Tabela 8 - Estatística descritiva para os dados de porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ), em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003. ....	43
Tabela 9 - Valores médios de porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003. ....	45
Tabela 10 - Estatística descritiva para os dados de macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ), em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003. ....	47
Tabela 11- Valores médios de macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003. ....	48
Tabela 12- Estatística descritiva para os dados de microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ), em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003. ....	51
Tabela 13- Valores médios de microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003. ....	52
Tabela 14 – Valores de F, coeficiente de variação (CV %) para densidade do solo (DS), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) para o Latossolo Vermelho Distroférrico. Campinas - (SP). ....	58
Tabela 15- Estatística descritiva dos atributos físicos do solo: Diâmetro médio ponderado; Porosidade total; Macroporosidade; Microporosidade em dois sistemas de preparo, nas duas camadas amostradas (0,00-0,20; 0,20-0,40). Campinas-(SP). ....	58
Tabela 16 - Valores médios de macroporosidade, microporosidade e porosidade total , em duas camadas do solo sob dois sistemas de manejo agrícola. Campinas (SP). ....	62
Tabela 17 - Valores médios de diâmetro médio ponderado, na camada de 0 - 0,20 m e em dois sistemas de manejo agrícola. Campinas (SP). ....	63
Tabela 18 – Percentual de agregados por classes de diâmetro, na camada de 0,00 - 0,20 m nos dois sistemas de manejo agrícola. Campinas (SP). ....	64
Tabela 19 - Percentual médio de agregados nas classes de diâmetro nos dois sistemas de preparo, na camada 0,00 - 0,20 m – Campinas (SP). ....	64
Tabela 20- Retenção de água do Latossolo Vermelho em duas camadas, sob sistema plantio direto (SPD) e sob sistema convencional (SC). ....	65

Tabela 21- Capacidade de água disponível (CAD) e as relações CC/Pt e CAD/Pt, em Latossolo Vermelho Distroférrico típico em duas camadas, sob diferentes sistemas de manejo. ....	65
Tabela 22 - Estatística descritiva dos atributos químicos do solo: pH; cálcio; magnésio; potássio, fósforo; M.O; e saturação por base, na camada de 0 – 0,20 m em dois sistemas de manejo agrícola.- Campinas (SP). ....	67
Tabela 23 – Perdas de Terras nas Parcelas Experimentais e Precipitação – safra 2003/2004, Campinas - SP.....	68
Tabela 24 – Perdas de Terras nas Parcelas Experimentais – safra 2003/2004, Campinas - SP.....	69
Tabela 25 - Estatística descritiva dos atributos químicos do material erodido: pH; cálcio; magnésio; potássio, fósforo; M.O; e saturação por base, na camada de 0 – 0,20 m em dois sistemas de manejo agrícola.- Campinas (SP). ....	71
Tabela 26 – Comparação dos teores médios de matéria orgânica e de nutrientes no solo e no material erodido sob SPD e SC – Campinas – SP.....	72
Tabela 27 – Dados biométricos da cultura do milho sob SPD e sob SC em um Latossolo Vermelho Distroférrico típico. Campinas -(SP).....	73
Tabela 28 - Rendimento de grãos de milho sob SPD e sob SC em um Latossolo Vermelho Distroférrico típico. Campinas -(SP). ....	74

## RESUMO

O crescimento populacional e o desenvolvimento sustentam a demanda por alimentos e fibras e elevam a pressão sobre o uso da terra. O uso intensivo das terras comumente traz como consequência a degradação dos recursos naturais. A erosão, um importante processo de degradação, leva ao empobrecimento do solo, à diminuição da capacidade de produzir boas safras e ao aumento dos custos de produção. Esses fatores em conjunto condicionam menores rendimentos para o produtor rural. O objetivo geral do trabalho foi o de avaliar comparativamente dois sistemas de manejo agrícola, plantio direto e plantio convencional com grade aradora, em termos dos efeitos sobre o controle da erosão, a qualidade do solo e indicadores biométricos e de produtividade da cultura do milho. A pesquisa foi desenvolvida no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas-SP, em parcelas experimentais dotadas com sistemas coletores de enxurrada, sendo o solo, o Latossolo Vermelho Distroférico típico (*Typic Latosol*), pertencente à Unidade Barão Geraldo, e a cultura o milho. Foram determinados os atributos edáficos granulometria, estabilidade de agregados, densidade do solo, porosidade (total, macro e microporosidade), retenção de água, pH, nutrientes e matéria orgânica. As amostragens ocorreram em duas épocas, antes da instalação do ensaio, para caracterização da condição presente do solo, e após a implantação do mesmo, para avaliação das variações ocorridas por efeito do manejo. Nas comparações relativas à qualidade do solo, a condição do solo sob vegetação natural de mata tropical subcaducifolia foi adotada como referência. Durante o ciclo da cultura, foi feita a coleta do material erodido das parcelas, para determinação quantitativa e qualitativa das perdas de terra. O desenvolvimento da cultura foi avaliado com base em parâmetros biométricos e na produtividade. Os resultados já mostram na fase de pré-ensaio que o solo das parcelas experimentais apresentou degradação física decorrente do uso agrícola anterior quando comparado com a condição original do solo sob mata tropical. Em termos comparativos, a qualidade do solo no que se refere à densidade do solo e à porosidade total, piorou em relação aos mesmos atributos do solo sob mata. O período de pousio e regeneração da vegetação na parcela referida como Memória não foi suficiente para diferenciar a qualidade do solo nessa parcela em relação à qualidade do solo nas outras parcelas experimentais. Os resultados do primeiro ano de ensaio atual indicam a ocorrência de maiores valores de densidade do solo e menores valores de macroporosidade e de porosidade total no solo sob

sistema plantio direto (SPD) em comparação com o sistema convencional (SC). Não ocorreram diferenças significativas entre os sistemas de manejo com relação à retenção de água no solo, mas sim entre camadas do solo, para ambos sistemas, com maior retenção de umidade nos microporos na camada de 0-20cm. Com relação aos atributos de fertilidade, o solo sob SPD apresentou maiores valores para cálcio e potássio, indicando maior concentração de nutrientes sob este sistema. Com relação à erosão, observaram-se maiores valores de perda de terra no SC, embora a diferença observada entre tratamentos não seja significativa. A análise de fertilidade do material erodido proveniente das parcelas sob SC mostrou haver maior concentração de nutrientes em relação ao material erodido proveniente das parcelas sob SPD. Apesar dos indicadores físicos mostrarem uma condição menos favorável da qualidade do solo sob SPD, esse fato não restringiu o desenvolvimento da cultura nesse sistema, dado que a altura média das plantas e o peso de 1000 grãos foi significativamente superior em relação ao SC. Ainda, a produtividade média do milho sob SPD foi 13% superior à produtividade média sob SC, muito embora, em virtude da grande variabilidade dos dados, não tenha sido determinada significância estatística. Admite-se que a grande variabilidade dos dados tenha mascarado o efeito dos tratamentos, podendo esta variabilidade ser reportada à influência do ensaio anterior, uma vez se tratar do primeiro ano de implantação do ensaio atual.

## ABSTRACT

Population growth and development sustain the need for food and fibers and raise the pressure for land use. The intensive and inadequate use usually promotes the degradation of natural resources. The erosion, an important land degradation process, leads to the nutrient depletion of soil, lowers its capacity of producing good yields and raises production costs. All these factors promote lower income for the producer. The main goal of this work was to evaluate two agricultural management systems, no-tillage (NT) and conventional tillage with heavy harrow (CT), in terms of erosion control, soil quality, crop biometric indicators, and crop productivity. The research was conducted at Agricultural Engineering College of Campinas State University- SP, in experimental plots which have systems for runoff collect. The soil is a Red Latosol (*Typic Hapludult*) (Barão Geraldo Soil Mapping Unit) and maize was the installed crop. The determined soil attributes were size grains, soil density, porosity (overall, macro and micro porosity), water retention, pH, nutrients and organic matter. The soil samplings have occurred in two occasions, before the experiment installation, to characterize the present soil condition, and after this, to evaluate the changes due to the management systems. For comparisons referred to soil quality, the soil condition under natural vegetation of tropical forest was adopted as a reference. During the lifecycle of the crop, the eroded material from the experimental plots was collected, and the soil losses were analyzed qualitatively and quantitatively. The crop development was evaluated considering biometric parameters and productivity. The results already show in the pre-essay phase that the soil in experimental plots was degraded in comparison with soil under tropical forest as a consequence of previous agricultural use. In comparative terms, soil quality dealing with soil density and overall porosity has declined in relation to these same soil attributes under forest. The fallow period and vegetation regeneration in experimental plot referred as Memory wasn't sufficient to differentiate soil quality in this plot in relation to the soil in the other experimental plots. The results from first year of the present essay indicate that under no-tillage system the values of soil density are greater and the values of overall soil porosity are minor comparing with conventional system. The differences are not significant between management systems in relation to water retention, but they are significant between layers for both systems, as the water retention in micro pores is bigger at the 0-20cm layer. In relation to the fertility attributes, the soil under NT system has major values of calcium and potassium, indicative of

greater nutrient concentration under this system. In relation to the erosion control, the soil losses were bigger under CT, although this difference was not significant. The fertility analysis of the eroded material from the CT experimental plots has showed that nutrient concentration was major in comparison with NT. In spite of the fact of physical indicators have showed an more unfavorable condition of soil quality under NT, this fact didn't affect the crop development, as the average height of plants and mass of 1000 grains were significantly greater in NT in relation to the CT. Thus, the average yield of maize under NT system was 13% superior in relation to the CT system, even though this difference was not significant, probably as an influence of the high variability of the data. The great variability of data has affected the effect of the management systems. This variability might be related to the influence of previous essay, once analyzed data were derived from the first year of implementation of the current essay.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional registrado nas últimas décadas tem aumentado a demanda por alimentos e fibras e elevado a pressão sobre o uso da terra nas áreas agrícolas. O preparo inadequado ou excessivo do solo para a implantação de culturas favorece a ocorrência da erosão, um importante fator de degradação das terras agrícolas e do meio ambiente no Brasil e no Mundo.

As camadas superficiais do solo, em geral as mais férteis, são as primeiras a serem degradadas. Na erosão hídrica, o impacto das gotas de chuva ou da água de irrigação no solo exposto causa desagregação de sua estrutura e o desprendimento das partículas menores, que ao serem transportadas carregam nutrientes e defensivos a elas adsorvidos e também matéria orgânica. No local de produção, nos casos de erosão mais severa, sementes, mudas e até mesmo plantas em estágio inicial de desenvolvimento podem ser arrancadas, devendo ser replantadas. Em conjunto, essas perdas levam ao empobrecimento do solo, diminuindo sua capacidade de produzir boas safras e ao aumento dos custos de produção, o que condiciona menores rendimentos para o produtor rural.

O material erodido, rico em nutrientes, matéria orgânica e agroquímicos, chegando aos cursos d'água, promove eutrofização, assoreamento e poluição. Dessa maneira, a erosão do solo também provoca danos ambientais, diminuindo a disponibilidade e a qualidade das águas superficiais e elevando os custos para seu tratamento e recuperação.

Nas diferentes regiões brasileiras, os sistemas conservacionistas de manejo do solo estão se firmando como uma boa alternativa de controle da erosão em áreas agrícolas, tanto para pequenos como para grandes produtores rurais. Esses sistemas se caracterizam pela menor mobilização do solo e pela manutenção de cobertura vegetal à superfície. A manutenção de cobertura vegetal à superfície protege o solo contra o impacto das gotas de chuva e de irrigação, prevenindo a desestruturação do solo e a formação de crosta superficial. Como resultado há menor desprendimento e arraste de partículas e um maior controle da erosão. O controle da erosão ao prevenir a degradação do solo favorece a manutenção ou melhoria de sua qualidade.

A qualidade do solo se relaciona com sua capacidade de desempenhar múltiplas funções, das quais se destaca a produção de alimentos e de fibras. O aspecto fundamental da funcionalidade do solo vem a ser a qualidade de sua estrutura ou arranjo das partículas

primárias em agregados e da estabilidade da agregação. A estrutura de um solo funcional se caracteriza pela ocorrência de grandes agregados estáveis que originam macroporos também estáveis, que permitem a livre passagem de ar e de água, e por onde as raízes das plantas podem facilmente encontrar os caminhos para seu crescimento. Um solo de qualidade para o desenvolvimento vegetal possui ainda meso e microporos responsáveis pela redistribuição e retenção de água, que em conjunto com o ar são essenciais ao desenvolvimento vegetal e dos organismos. Em oposição a isso, solo com estrutura não funcional é aquele onde a ausência de agregados grandes, e conseqüentemente, de macroporos impõe restrições ou mesmo impede os processos de transferência de energia e de materiais no corpo do solo, desfavorecendo o desenvolvimento vegetal e a atividade biológica, comprometendo a capacidade do solo em desempenhar suas funções.

Tendo em vista o exposto, o objetivo geral da pesquisa foi o de avaliar comparativamente o efeito do manejo agrícola sobre a qualidade do solo, as perdas de terras por erosão e o desenvolvimento do milho. No caso da qualidade do solo, a comparação teve por referência a condição original do mesmo solo sob vegetação natural.

### **1.1. Justificativa**

O paradigma atual da agricultura moderna é produzir bem, com manutenção ou melhoria da qualidade dos recursos naturais, sem degradação ambiental e com segurança alimentar. O estabelecimento de relações entre sistemas de manejo e alterações da qualidade do solo que tenham efeito sobre a produtividade e o controle da erosão, é uma abordagem válida para a seleção de indicadores para avaliação da sustentabilidade em agricultura.

### **1.2. Hipóteses**

- Diferentes sistemas de manejo afetam diferentemente a qualidade do solo.
- O sistema plantio direto mantém ou melhora a qualidade do solo para produção agrícola e permite maior controle da erosão.
- Na implantação do sistema plantio direto, os efeitos do uso e manejo anteriores interferem nos resultados esperados nos primeiros anos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral do trabalho foi o de avaliar comparativamente os sistemas plantio direto e convencional (grade aradora) em termos do efeito sobre a variação da qualidade física e de fertilidade do solo e a relação com o controle da erosão e a produtividade da cultura do milho.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar atributos físicos e de fertilidade do solo que possam ser empregados como indicadores, no monitoramento da qualidade do solo utilizado para produção agrícola.
- Determinar comparativamente os teores de nutrientes perdidos por erosão nos sistemas plantio direto e convencional.
- Avaliar o efeito dos sistemas de manejo sobre as variáveis biométricas e produtividade da cultura do milho.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. A importância da conservação do solo para a produção agrícola sustentável**

O solo é um recurso natural essencial à vida na Terra. Na ausência do solo, a vida na Terra estaria restrita aos oceanos (KUTILEK e NIELSEN, 1994). Este recurso natural é ainda um fator essencial para a produção de alimentos e de matéria prima, sendo que a conservação e recuperação do solo são fatores primordiais para manutenção de altos índices de produtividade dos sistemas agrícolas (CASTRO, 1991).

Considerando a falta de alimentos no terceiro mundo e o inevitável aumento da população, chama atenção a forma de uso da terra, que deve não apenas manter, mas sustentar níveis de produção mais elevados do que o presente (YOUNG, 1989).

O Plano de Ação do Comitê Mundial sobre a Alimentação e os Objetivos de Desenvolvimento para o Milênio impõem aos governos a obrigação de reduzir a fome pela metade até o ano 2.015. Para alcançar esta meta, dados da FAO (2003) indicam que a produção mundial de alimentos terá que aumentar em 60% frente ao crescimento da população.

Com a projeção de crescimento demográfico ao redor de 8,3 bilhões de pessoas em 2030, a agricultura terá que se adaptar à modificação de suas pautas da demanda de alimentos, combater a insegurança alimentar e a pobreza nas zonas rurais e competir pelos escassos recursos hídricos com outros usuários (FAO, 2003).

O solo é a base da produção de alimentos e um dos fatores mais importantes para o meio ambiente. Para a proteção dos recursos naturais e a segurança alimentar da humanidade, é imprescindível assegurar um solo não erodido, garantindo a sustentabilidade da produção agrícola (DERPSCH, 1997). O uso sustentável do solo é aquele que combina utilização com conservação dos recursos, dos quais depende a produção, permitindo desta maneira a manutenção da produtividade (YOUNG, 1989; LAL, 1994).

Constata-se, portanto, a importância do solo como base para a sustentação da biodiversidade, a produção de alimentos e fibras e para a necessidade de sua conservação visando a proteção dos recursos naturais e a manutenção de sua capacidade de produzir para garantir a segurança alimentar da humanidade.

### **3.2. Conceito de qualidade do solo**

As limitações ao uso sustentável do solo e da água são diferentes para cada ecorregião e, como consequência, os indicadores para avaliação da qualidade desses recursos nos diferentes locais são também diferentes. Nos trópicos úmidos, as principais limitações se relacionam com restrições nutricionais e de fertilidade do solo; nos trópicos semi-úmidos e semi-áridos, a presença de estrutura deficiente e de condições físicas adversas frequentemente conduz à erosão e à salinização; nas regiões áridas, estiagem, erosão eólica e migração de dunas de areia são problemas recorrentes (LAL, 1999).

A qualidade do solo é um componente crítico da sustentabilidade em agricultura (LARSON e PIERCE, 1994). Uma maneira de avaliar a sustentabilidade do uso e manejo atuais do solo é pela necessidade maior ou menor do uso de insumos externos para manter a produtividade dos sistemas agrícolas. Isto porque a produtividade se constitui um bom indicador da qualidade integrada dos fatores bióticos e abióticos para a produção. Em geral, quanto maior o volume de insumos requeridos para produzir a mesma colheita, menos sustentável é o sistema. (LAL, 1999).

De acordo com KARLEEN e STOTT (1994), um solo com alta qualidade para produção agrícola permite a movimentação e retenção de água no perfil, bem como, a manutenção de um equilíbrio adequado das proporções ar-água. É resistente à degradação física e sustenta o desenvolvimento de plantas e organismos.

DORAN e PARKIN (1994) definem qualidade do solo como sendo a capacidade funcional do mesmo em sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais. Esses autores propõem um índice para avaliação da qualidade do solo, relacionando com a produção de alimentos e fibras, com a qualidade do ar e das águas subterrâneas e superficiais e com a qualidade dos alimentos produzidos.

A caracterização inicial das condições físicas, químicas e biológicas do solo das áreas experimentais é crucial para avaliar objetivamente as mudanças induzidas pelo manejo, que irão ocorrer ao longo do tempo (LAL, 1999). No entanto, os diferentes atributos requerem distintas escalas temporais para que as alterações ou modificações se tornem visíveis ou mensuráveis. De acordo com Arnold et al. (1990), citado por LAL (1999), a retenção e transmissão de água no solo e as reservas de nutrientes mudam no espaço de um mês a um ano; a temperatura e a umidade do solo passam por mudanças diárias, enquanto a densidade do

solo e a porosidade sofrem mudanças sazonais. As mudanças na estrutura do solo são relativamente lentas, mensuráveis em períodos de um a dois anos. Já as mudanças na granulometria do solo são extremamente lentas, usualmente causadas por erosão da superfície, sendo difíceis de serem observadas em períodos menores do que três a cinco anos. A menos que a erosão acelerada seja o processo de degradação predominante, as mudanças no teor de matéria orgânica são relativamente lentas e a frequência de monitoramento pode ser de um a dois anos. O carbono da biomassa pode apresentar variação sazonal, assim como a população de minhocas. Assim, no monitoramento da variação da qualidade do solo pelo manejo agrícola, a escolha de indicadores deve incluir atributos de diferentes escalas temporais de variação observados, de preferência, em ensaios de longa duração.

Os solos variam em qualidade, que por sua vez que sofre mudanças em resposta ao uso e manejo agrícola (LARSON e PIERCE, 1994). O manejo agrícola é sustentável somente quando a qualidade dos recursos, solo, ar, água, é mantida ou melhorada (DORAN e PARKIN, 1994). No caso do solo, a qualidade depende da manutenção e melhoria de seus atributos físicos, químicos e biológicos, bem como de sua contínua capacidade de produzir alimentos e fibras.

### **3.3. Sistemas de manejo agrícola e qualidade do solo**

#### **3.3.1. Sistemas conservacionistas e convencionais de manejo agrícola**

Sistemas conservacionistas são aqueles que se caracterizam por promoverem o revolvimento mínimo do solo e por manterem índices relativamente altos de porcentagem de cobertura do solo por resíduos culturais (ALVES et al., 1998).

BOLLER et al. (1998) classificaram como conservacionista o preparo reduzido do solo com escarificador + cilindro destorroador de dentes. Este sistema manteve níveis significativamente mais elevados de cobertura vegetal morta na superfície do solo quando comparado com o preparo realizado pelo escarificador seguido por uma gradagem, com grade de discos leve.

O sistema plantio direto tem seu fundamento na ausência do revolvimento de solo, na manutenção da cobertura permanente na superfície e na rotação de culturas. É a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente (CURY, 2000).

A agricultura submetida ao sistema plantio direto mostra comportamento diferenciado quando comparado àquele que manipula ou emprega arados, subsoladores e grades (FALLEIRO et al., 2003). DENARDIN e KOCHLANN (2003) enfocam o plantio direto como um sistema de exploração agropecuária que envolve a diversificação de espécies, via rotação de culturas, mobilização do solo apenas na linha de semeadura e manutenção dos resíduos vegetais de culturas anteriores na superfície do solo.

Segundo BENATTI JR. et al. (1977) para a aplicação do sistema plantio direto o solo terá que ter condições mínimas de estrutura que permitam uma boa infiltração, não estar compactado ou ter impedimento que dificulte a infiltração e nem ter fertilidade baixa; e, também, a área não deve ser infestada por grama perene e ervas com características arbustivas.

No sistema plantio direto, o ato de colocar sementes (ou mudas) e o adubo no solo, seja manualmente, por tração animal ou por forma tratorizada, visa perturbar o mínimo possível a estrutura física do solo e a vida biológica, mantendo praticamente intacta a cobertura morta de resíduos de colheitas anteriores (SATURNINO e LANDERS, 1997).

BERTOL et al. (1998) constataram que no sistema plantio direto, a taxa de decomposição dos resíduos culturais aumenta exponencialmente com o aumento do período de exposição dos resíduos sobre a superfície do solo. Este fato evidencia a necessidade da implantação da nova cultura sobre a palhada da cultura anterior para que haja a formação de nova cobertura do solo.

De acordo com CASTRO (1989) o preparo convencional do solo implica em sua manipulação física, química (aplicação de adubos e calcário principalmente) ou biológica, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação e emergências das sementes, assim como para o desenvolvimento das plântulas.

Em sistemas de plantio convencional, implementos com discos reduzem o grau de cobertura do solo e pulverizam os agregados superficiais, afetando as condições de superfície (MERTEN, 1994). O arado de discos é um equipamento que corta e pica a vegetação da superfície, incorporando-os ao solo a uma profundidade que varia de 15 a 25 cm (SAAD, 1979). A aração se constitui uma operação que engloba o corte, a elevação e a inversão de uma camada de terra a que chamamos leiva. Essa operação é realizada pela peça ativa do arado, chamada disco nos arados de discos e aiveca, nos arados de aiveca (GALETI, 1981).

Nesses sistemas, a aração é seguida pela gradagem. No preparo convencional do solo, a grade complementa ou completa o trabalho do arado, sendo realizada com o objetivo de destorroar, pulverizar, nivelar ou assentar o solo arado, principalmente, para que se apresente como um leito mais propício à sementeira (GALETI, 1981). De acordo com SAAD (1979), a principal função da grade de discos é pulverizar o solo e acamá-lo, preparando uma boa sementeira. Ainda, nos sistemas convencionais, há a operação de rotavação, que consiste no uso de enxada rotativa. A enxada rotativa, também conhecida por fresa, fresa agrícola e rotavator, funciona como uma enxada ou enxada manual em movimento contínuo, que corta, tomba, pulveriza, nivela e incorpora, sendo seu uso limitado em solos duros e secos (GALETI, 1981).

O sistema convencional de preparo do solo, que preconiza acentuado revolvimento, tem como objetivos principais controlar as plantas invasoras, incorporar restos culturais e obter um leito de sementeira ideal para germinação das sementes e desenvolvimento inicial das plantas. No entanto, as seguidas passadas de arados e grades provocam intensa desestruturação do horizonte superficial, que combinado com a compactação subsuperficial diminui intensivamente a capacidade de infiltração de água no solo, deixando-o extremamente vulnerável ao processo de erosão hídrica. Pela excessiva exposição do solo, os sistemas convencionais de preparo promovem a diminuição do teor da matéria orgânica e da vida microbiana, com conseqüente perda de fertilidade (PACHECO, 2006).

Segundo PECHE FILHO et al. (2006), o sistema convencional de preparo do solo, combinando uma aração seguida de duas gradagens, apresenta maior risco de erosão e de compactação do solo. O investimento inicial é mais baixo, mas constantemente se torna alto ao longo do tempo, pelo consumo e necessidade de manutenção de um maior número de máquinas.

Resumindo, nos sistemas conservacionistas ocorre menor perturbação do solo quando da manipulação para instalação das culturas e nas operações de cultivo subsequentes, sendo que no sistema plantio direto essa perturbação é mínima. Nos sistemas convencionais, ao contrário, ocorre grande mobilização do solo quando da manipulação para a instalação das culturas, bem como, depois, durante as operações de cultivo, tornando o solo susceptível à degradação, sobretudo por erosão.

### **3.3.2. Aspectos Físicos e Químicos da Qualidade do Solo Afetados pelo Manejo Agrícola**

BEUTLER et al. (2001), estudando diferentes sistemas de manejo, observaram em todos os sistemas a ocorrência de valores de permeabilidade do solo bem inferiores àqueles observados sob cerrado nativo. Neste mesmo estudo, constataram também maior resistência à penetração para o sistema plantio direto, e que para os sistemas convencionais a maior resistência ocorreu na profundidade de 15 - 30 cm.

SEVERIANO e OLIVEIRA (2006) encontraram menor densidade do solo e maior porosidade total para a camada 0-5 cm no solo sob mata, quando comparadas com estes atributos em áreas cultivadas.

SILVA e RIBEIRO (1992), estudando a influência do cultivo contínuo com cana-de-açúcar nos atributos do solo, constataram maiores densidades do solo na camada superficial para períodos com maior tempo de uso, e que essas diferenças eram maiores quando da comparação dos solos cultivados com o solo virgem. Nesse mesmo trabalho, observaram também que a espessura do horizonte superficial era maior no solo sob vegetação natural.

CINTRA et al. (1983) constataram que os solos cultivados convencionalmente apresentaram em profundidades próximas à superfície níveis bastante elevados de densidade do solo, resistência à penetração e microporosidade, e menor porosidade total, macroporosidade e taxa de infiltração de água em comparação aos mesmos solos sob mata nativa.

Ao avaliar o estado de agregação de Latossolos Roxos em diferentes sistemas de manejo, CARPENEDO e MIELNICZUK (1990) constataram que o solo submetido ao preparo convencional, constituído de lavra e gradagem para o cultivo do trigo e da soja, apresentou menor agregação do que o do campo e o de mata nativa.

FERNANDES et al. (1983), estudando três sistemas de manejo, demonstraram que após sete anos de implantação do ensaio, o plantio direto foi o que apresentou uma distribuição mais uniforme de poros em profundidade, refletindo a estruturação natural do solo. Esses autores observaram, ainda, que à profundidade de 20 – 30 cm, os sistemas de preparo do solo não afetaram sistematicamente os valores da densidade do solo, sendo que as diferenças entre camadas, ou em profundidade, em um mesmo solo foram mais efetivas do que o efeito dos sistemas.

FALLEIRO et al. (2003) constataram que a semeadura direta resultou em aumento da densidade do solo, não afetando, entretanto a macro nem a microporosidade. De acordo com SCHAEFER et al. (2001), o efeito do manejo sobre a porosidade do solo pode ser pouco evidente, sendo mais comuns os efeitos na forma e distribuição dos poros, ao longo de perfil do solo. Já GOMES et al. (1978), ao estudarem o efeito de sistemas e tempo de cultivo sobre a estrutura do solo, constataram que a porosidade total e a macroporosidade diminuíram quando o solo foi cultivado duas vezes por ano, enquanto que com apenas um único cultivo por ano, os efeitos no solo foram favoráveis.

ELTZ et al. (1989), em estudo onde foram realizados plantios na seqüência inverno/verão, com três tratamentos (escarificação/ plantio direto; plantio direto/ plantio direto; plantio convencional/ plantio direto), constataram que diferentes os tipos de preparo do solo promoveram diferenciação estatística entre tratamentos apenas em relação aos macroagregados, na camada de 5 - 10 cm. Atribuíram o aumento na macroporosidade nessa camada no tratamento escarificação/ plantio direto, em relação aos dois outros tratamentos, pelo efeito da escarificação realizada antes das amostragens de campo.

ALBUQUERQUE et al. (1995) constataram que ao final de sete anos a rotação de culturas induziu à diminuição dos valores de densidade do solo e ao aumento da porosidade total, quando comparado aos resultados obtidos com a sucessão trigo/ soja, indicando efeito benéfico da prática de rotação.

SILVA e MIELNICZUK (1997) observaram que as raízes exercem grande influência na formação e estabilidade dos agregados, apesar de representarem pequena fração dos constituintes orgânicos do solo. Segundo os autores, as gramíneas perenes, com maior densidade e melhor distribuição do sistema radicular, favoreceram as ligações dos pontos de contatos entre as partículas minerais e agregados, contribuindo para a formação e estabilidade dos agregados.

CAMPOS et al. (1995) constataram, após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, que o solo sob plantio direto apresentou diâmetro médio ponderado dos agregados cerca de duas vezes maior que o caracterizado para o solo sob plantio convencional, e que essa diferença foi diretamente relacionada ao incremento de carbono orgânico da biomassa microbiana observado no sistema plantio direto. CRUZ et al. (2003), após três anos de condução de ensaio, observaram que o

sistema plantio direto não apresentou melhorias significativas na agregação do solo em relação aos sistemas convencionais estudados. O tempo de implantação do sistema plantio direto é, portanto, uma variável importante na consideração dos efeitos desse sistema sobre a qualidade do solo.

CAMPOS et al. (1999) constataram que a umidade e cobertura do solo tiveram estreita associação com a agregação do solo. ALVARENGA et al. (1986), estudando a estabilidade de agregados sob diferentes métodos de preparo do solo e manejo da palha do milho, constataram que o diâmetro dos agregados foi afetado pelo tipo de arado e pela época de manejo da palhada.

Pesquisando tratamentos com mobilização do solo, ROS et al. (1997) observaram que com o aumento da intensidade de preparo do solo houve diminuição do diâmetro médio dos agregados. Por outro lado, BEUTLER et al. (2001), num estudo da relação entre agregação e sistema de manejo, constataram que o sistema plantio direto apresentou a maior porcentagem de agregados maiores do que 2 mm e as menores porcentagens das classes menor do que 2 mm e menor do que 1 mm, bem como maior diâmetro geométrico dos agregados em superfície do solo (0 - 5 cm). Os autores não encontraram diferenças entre os sistemas de manejo para as camadas subsuperficiais (5 - 20 cm e 20 - 30 cm).

Segundo TAVARES FILHO et al. (2001), o sistema plantio direto apresentou melhores condições de continuidade estrutural para o desenvolvimento radicular do milho do que o sistema convencional. OLIVEIRA et al. (1983), estudando a influência do cultivo na agregação de um Argissolo Vermelho Amarelo, constataram que o solo cultivado apresentou menor agregação em relação ao solo sob pastagem natural.

SALTON e MIELNICZUK (1995) constataram que o solo sob plantio direto apresentou os maiores valores de umidade, principalmente na camada de 0 - 5 cm de profundidade, quando comparado com o sistema convencional, durante todo o período cultivado.

Ao estudarem os efeitos da cobertura do solo com palha de trigo, BRAGAGNOLO e MIELNICZUK (1990) constataram que as doses de 5,0 e 7,5 t ha<sup>-1</sup> de palha mantiveram a umidade volumétrica do solo na camada 0 - 5 cm de profundidade, em média 8 a 10 % acima do valor da umidade no solo descoberto e no solo com 2,5 t ha<sup>-1</sup> de palha.

Em condições experimentais, UHDE et al. (1996), estudando métodos de preparo do solo associando produção agrícola e pastejo, constataram que as parcelas sob pastejo apresentaram menor capacidade de infiltração de água, porém não houve reflexos sobre os valores de densidade, macroporosidade e microporosidade do solo.

STONE & SILVEIRA (2001) constataram maior compactação na camada superficial para o sistema plantio direto (0 – 10 cm) e maior compactação abaixo da camada de corte dos implementos para o sistema convencional (10 - 20 cm e 20 - 30 cm).

PEÑA et al. (1996), ao estudarem a influência de sistemas de cultivo nas propriedades físicas de um solo de várzea, concluíram que os aspectos negativos, em termos do estado físico do solo, foram mais fortemente registrados nos sistemas onde o solo foi submetido a algum tipo de preparo mecanizado.

Segundo CORSINI et al. (1986), operações agrícolas de preparo do solo, que incluem subsolagem e gradagem profunda, propiciaram em curto espaço de tempo, melhorias nas condições de retenção de água e distribuição da porosidade. No entanto, para tempo mais longo, prejudicaram-nas, pois causaram degradação da estrutura natural deste solo.

CENTURION et al. (1985a), ao compararem sistemas de manejo, constataram que os sistemas preparo reduzido (gradagens pesada e niveladora), convencional (aração, gradagens pesada e niveladora) e super preparo (duas arações, gradagens pesada e niveladora) induziram à formação de camadas compactadas em diferentes profundidades, respectivamente a 10 cm, a 20 cm e a 30 cm. Tais camadas foram responsáveis pela menor taxa de infiltração de água no solo.

FARIA et al. (1998) observaram que o uso de roçadeira motorizada associado com herbicida sistêmico apresentou boa alternativa para controle de invasoras, por reduzir a degradação física e as perdas de água e solo num Argissolo Vermelho Amarelo.

MUZZILI (1983) após cinco anos de cultivo em Latossolo Roxo e quatro de cultivo em Latossolo Vermelho Escuro, constatou que o sistema plantio direto não produziu efeitos de acidificação na camada arável.

FALLEIRO et al. (2003) constataram que o sistema plantio direto promoveu aumento dos teores de nutrientes, à exceção do K, e de MO, aumento do pH e da CTC efetiva e redução do Al trocável na camada 0 - 5 cm do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por CENTURION et al. (1985b), que ao estudarem os efeitos de sistemas de preparo nas

propriedades químicas, constataram que houve maior concentração de nutrientes na camada mais superficial do solo (0 - 10 cm) nos sistemas de preparo reduzido e no plantio direto, e uma distribuição mais uniforme de nutrientes na camada de 0 - 20 cm nos sistemas convencional e super preparo. MERTEN e MIELNICZUK (1991) constataram maior concentração de P, K, Ca e matéria orgânica na superfície do solo na camada de 0 - 5 cm no sistema plantio direto, quando comparado ao sistema convencional.

De MARIA e CASTRO (1993) ao estudarem sistemas de manejo e rotação de culturas em condições experimentais após sete anos, concluíram que o sistema plantio direto conservou a matéria orgânica da camada 0 - 5 cm em níveis mais elevados a partir do terceiro ano. Os mesmos autores relataram também que com a utilização do plantio direto o teor de fósforo disponível no solo aumentou na camada 0 - 5 cm, a partir do segundo ano, e na camada 5 - 10 cm, no sétimo ano. O teor de potássio foi maior nos preparos reduzidos na camada 0 - 5 cm, exceto para amostragem realizada após período de muitas chuvas.

De acordo com SIDIRAS e PAVAN (1985), as práticas que envolvem o manejo de matéria orgânica, quer através de resíduos das plantas ou de aplicações de material formando uma serrapilheira natural na superfície do solo, proporcionam melhores níveis de fertilidade, em decorrência da importância desse material nas reações físico-químicas do solo. Comparando a dinâmica da matéria orgânica em diferentes sistemas de preparo e de cultura, BAYER et al. (2000) constataram que a adoção do plantio direto resultou na redução pela metade da taxa de perda da matéria orgânica, comparativamente ao preparo convencional, e que a utilização do plantio direto associado a sistemas de sucessão/rotação de culturas com alto aporte de resíduos de N pela inclusão de leguminosas é fundamental, permitindo acelerar o aumento dos teores de matéria orgânica e diminuir a emissão de gás carbônico do solo para a atmosfera.

SANTOS et al. (1995) constataram em condições experimentais após 06 anos, que o sistema plantio direto manteve os teores de matéria orgânica na camada de 0 - 5 cm, próximos ao teor existente quando do início dos estudos na camada de 0 - 20 cm. Foi constatada a melhoria da qualidade ambiental, em condições experimentais, onde o plantio direto associado ao uso de culturas de cobertura demonstrou potencial para recuperar o teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, seqüestrar carbono no solo e contribuir para mitigar o efeito estufa (AMADO et al., 2001).

De uma maneira geral, constata-se comportamento diferenciado dos atributos do solo de acordo com os sistemas de manejo. Os sistemas convencionais apresentam melhores condições em relação à porosidade e densidade do solo nas camadas superficiais quando comparado ao sistema plantio direto; no entanto, ao longo do tempo, ocorre a desestruturação do solo pela maior mobilização, levando a uma maior degradação da matéria orgânica, menor agregação, menor continuidade estrutural nessas camadas e conseqüente compactação logo abaixo da área de corte dos implementos. Observa-se também que para o sistema plantio direto há uma maior concentração de nutrientes nas camadas superficiais do solo que, associada a maiores teores de matéria orgânica, favorece as reações físico-químicas que propiciam maior disponibilidade de nutrientes às plantas cultivadas.

### **3.3.3. Erosão acelerada e qualidade do solo**

A erosão é o processo pelo qual há remoção de uma massa de solo de um local, seu transporte e conseqüente deposição em outros locais (LAFLEN e ROOSE, 1998). HUDSON (1981) se refere à erosão geológica ou erosão natural, como aquela que resulta apenas das forças da natureza, e à erosão acelerada quando o processo é influenciado pela ação antrópica.

Estimativas efetuadas por Marques (1951), e apresentadas por BERTONI e LOMBARDI NETO (1999), indicavam para o Brasil perdas anuais de quinhentos milhões de toneladas de terra por erosão. Pressupondo que, em média, os solos possuam 0,10 % de nitrogênio, 0,15 % de fósforo e 1,50 % de potássio, aqueles autores estimaram em mais de oito milhões de toneladas a quantidade de nutrientes perdidos anualmente em decorrência da erosão. Dados mais recentes apresentados por CASTRO (1991), acerca de perdas por erosão no estado de São Paulo, com base em estudos realizados com diversas culturas e em diversos tipos de solo, indicam um valor de perdas de solo de quase 200.000.000 Mg ano<sup>-1</sup>.

Os poucos milímetros da camada superior do solo constituem a porção mais rica em matéria orgânica e nutrientes, quando comparada com a camada de quinze a vinte centímetros que normalmente é retirada para análise (YOUNG, 1989). A erosão laminar, também denominada areolar ou entressulcos, remove seletivamente a fração mais fina do solo rico em nutrientes. RESK et al.(1980) constataram que os teores dos elementos do solo arrastados pela enxurrada foram superiores àqueles da composição original deste solo caracterizado à profundidade de 0 - 20 cm.

Estudando a granulometria dos sedimentos retidos por cordões de pedra, SILVA e PAIVA (1985) observaram que as porcentagens de silte e de areia fina foram cerca de duas vezes maiores do que no solo original, além de que os teores de cátions trocáveis e de fósforo assimilável foram também maiores.

SPAROVEK et al. (1993), num experimento em casa de vegetação, com arroz cultivado em vasos com terra, retirada de várias profundidades de perfis de diferentes tipos de solo, constataram a queda de rendimento com o aumento da profundidade de remoção, indicando que a erosão desses solos é prejudicial à sua produtividade potencial.

DEDECEK (1987) constatou que a remoção da camada arável reduziu a produtividade do solo em até 67 %, quando a espessura da camada perdida foi de 20 cm, e que através de um aumento de adubação e correção do solo foi possível reduzir esse efeito já no primeiro ano, mas não eliminá-lo, nem mesmo quando a camada de solo retirada foi de apenas dois centímetros.

#### **3.3.3.1. Sistemas de manejo e intensidade da erosão**

VIEIRA et al. (1978), ao estudarem perdas por erosão em diferentes sistemas de preparo do solo, verificaram que em todos os tratamentos, aproximadamente 90 % das perdas totais de solo ocorreram até trinta dias após a semeadura da cultura da soja. Constataram, ainda, que nos tratamentos que envolveram aração, as perdas foram em torno de três vezes maiores para fósforo, cinco vezes para matéria orgânica, ligeiramente, superior para cálcio e magnésio e 2,5 vezes menor para potássio.

HERNANI et al. (1987) pesquisando a influência de métodos de limpeza de terreno sob floresta, constataram que a limpeza total da superfície do terreno com trator de esteira e lâmina reta (destocado) foi o que mais expôs o solo a perdas de terra e água por erosão, e que a queima dos resíduos da floresta não produziu efeitos adicionais sobre as perdas em nutrientes, enquanto as perdas de terra e água foram sensivelmente menores que no terreno destocado.

OLIVEIRA e SILVA (1982), comparando métodos de preparo em um Argissolo Vermelho Amarelo e em um Planossolo Háptico Eutrófico Solódico, verificaram que a maior mobilização desses solos provocou aumento na intensidade de erosão. A mesma observação foi realizada por NUNES FILHO et al. (1987), que pesquisando durante oito anos os efeitos

do preparo do solo sobre as perdas por erosão, constataram que as mesmas foram diretamente proporcionais à intensidade com que o solo foi movimentado.

ELTZ et al. (1977) constataram que o período crítico de erosão no sistema convencional ocorre na época que vai do preparo do solo e semeadura até 30 a 40 dias após o plantio, quando os solos não ficam suficientemente protegidos pela cobertura vegetal. O sistema de plantio convencional, com aração e diversas gradagens, favorece as perdas por erosão, pois promove a quebra da estrutura natural do solo, pulverizando-o e deixando-o totalmente exposto à ação erosiva das chuvas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

PAULA et al. (1998), em um estudo comparativo no período de 1976 a 1980 das perdas de solo por erosão sob chuva natural com três formas de manejo da palhada de trigo e soja, observaram perdas médias de solo de 12,8 Mg ha<sup>-1</sup>, 3,70 Mg ha<sup>-1</sup> e 1,10 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para plantio convencional com queima da palha, plantio convencional com incorporação da palha e plantio direto.

SEGANFREDO et al. (1997) constataram reduções superiores a 99 % e 94 % em relação ao solo descoberto respectivamente nas perdas de solo e água quando da utilização do sistema plantio direto. Segundo BENATTI et al. (1984), o plantio direto reduziu em 59 % as perdas de terra e em 34 % as perdas de água, em um terreno com declividade de 6,3 %, quando comparado com o sistema convencional. Os mesmos autores também constataram que no plantio direto, o Latossolo Vermelho apresentou quase sempre maior disponibilidade de água ao nível das raízes da cultura do milho, mostrando-se esta característica mais evidente nos períodos com menor pluviosidade.

MELO FILHO e SILVA (1993), sob condições de forte erosividade das chuvas concentradas no estágio de preparo do solo e plantio, num terreno com 3 % de declividade, verificaram reduções de 90 % das perdas de terra e de 21 % nas perdas de água no sistema plantio direto em relação ao plantio convencional. HERNANI et al. (1999), ao compararem sistemas de manejo do solo, constataram que o sistema plantio direto foi o mais eficaz no controle da erosão, com as menores quantidades de perdas totais de nutrientes e de matéria orgânica.

SCHICK et al. (2000) constataram que o sistema plantio direto foi mais eficaz no controle das perdas de solo, que foram 68 % menores em relação as perdas oriundas no preparo com uma aração seguida de duas gradagens e 52 % menores em relação as perdas

ocorridas no preparo com uma escarificação seguida de uma gradagem, respectivamente. Os autores constataram ainda que as perdas de água seguem a mesma tendência sendo, no entanto, menos influenciadas do que as perdas de solo.

O plantio direto apresenta as melhores condições de controle de perdas de solo e de água, principalmente devido ao melhor grau de cobertura e à melhor estabilidade estrutural do solo (SIDIRAS et al., 1984). De acordo com DE MARIA (1999), as pesquisas indicam que as perdas de solo no sistema plantio direto variam entre  $0,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e  $5,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e que, em média, o plantio direto reduz em 75 % as perdas de terra comparativamente aos sistemas convencionais.

CASTRO et al. (1986), num estudo de perdas de nutrientes por erosão, constataram que as perdas mais elevadas ocorreram através da enxurrada e não do sedimento, sendo as perdas totais de nutrientes proporcionais às perdas de solo e de água, e o que o volume dessas perdas era função do manejo utilizado.

SCHICK et al. (2000) constataram que o sistema de preparo do solo apresenta maior eficácia na redução das perdas de solo e água do que o sistema de cultivo. Já COGO et al. (2003) verificaram que a melhoria da fertilidade do solo produziu maior volume de fitomassa, em consequência maior volume de resíduos culturais e menores perdas de solo, e que nas áreas com aumento das classes de declividade, as maiores perdas ocorreram no preparo convencional quando comparado ao sistema plantio direto.

SCHÄFER et al. (2001) constataram que as perdas de solo foram afetadas pelo sistema de preparo e pela consolidação do solo, sendo essas perdas mais intensas nos sistemas de preparo convencionais. Verificaram também que o diâmetro médio das partículas que compunham o sedimento transportado pela erosão entressulcos foi afetado pela consolidação do solo, e, ainda que, esse diâmetro foi maior nas áreas sob plantio direto.

Resultados apresentados por LEVIEN e COGO (2001) indicam que as perdas de solo foram menores nos sistemas com tração animal do que nos sistemas tratorizados e maiores no preparo convencional do que no sistema plantio direto. As perdas também foram menores na sucessão aveia-milho em relação à sucessão pousio descoberto-milho.

Estudando as relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, BERTOL et al. (1987) constataram que a cobertura de 60 % da superfície do solo promoveu, em média para todos os tratamentos, uma redução de 80 % nas perdas de solo em relação à ausência de

cobertura. E ainda, que as perdas de água foram, em geral, mais afetadas pelos métodos de preparo do que pela cobertura vegetal morta, sendo, de qualquer forma, menos influenciadas pelos tratamentos do que as perdas de solo. De acordo com DERPSCH (1997), a erosão é diminuída drasticamente com a utilização do sistema plantio direto, aproximando-se de valores similares à taxa de regeneração natural do solo.

LEVIEN et al. (1990), num estudo sobre diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo, verificaram que as perdas de solo foram relativamente altas no preparo convencional, e baixas e da mesma ordem nos demais preparos, enquanto que as perdas de água foram menores na escarificação e semelhantes no convencional e sem preparo.

LUCARELLI (1997), pesquisando diferentes sistemas de preparo do solo, constatou, para todos os tratamentos, uma maior concentração de nutrientes e de matéria orgânica no material erodido em relação ao solo original.

LOPES et al. (1987) constataram que todos os resíduos foram altamente eficazes no controle da erosão hídrica, verificando que índices de cobertura de solo de apenas 20 % foram suficientes para reduzir as perdas de solo em 40 a 60 % em relação as perdas totais ocorridas sob solo descoberto. Nesse mesmo trabalho, os autores constataram que a cobertura do solo mostrou tendência de diminuir a porcentagem de sedimentos de maior tamanho em relação aos de menor tamanho.

A manutenção das restevas e a mínima mobilização do solo foram muito importantes no controle da erosão quando o solo foi utilizado com culturas anuais. Esses fatores provocaram uma acentuada redução das perdas de solo por erosão nos chamados preparos de solo conservacionistas (preparo mínimo e plantio direto), em relação ao convencional.

ALVES et al. (1995) constataram que a permanência dos resíduos culturais sobre o solo foi de fundamental importância para a redução da erosão hídrica, independentemente do tipo de cultura. Em estudo semelhante, LOMBARDI NETO et al. (1988) constataram que a presença de resíduos de milho sobre a superfície do solo reduziu acentuadamente as perdas de solo e de água, existindo maior controle sobre as perdas de solo.

MARGOLIS et al. (1980), pesquisando o efeito do estágio de desenvolvimento da cultura do milho sobre as perdas por erosão, em cinco séries de chuvas simuladas, constataram que as perdas de solos nas quatro últimas séries foram menores e decrescentes em relação àquela verificada na primeira, e que este fato ocorreu devido ao aumento da massa foliar em

função do desenvolvimento da cultura e conseqüente aumento da proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva, evidenciando ter sido o sistema vegetativo, o principal responsável pela diminuição das perdas.

SILVA et al. (1986), pesquisando o efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas, constataram que as culturas de gramíneas apresentam maior controle à erosão que as espécies de outras famílias. Trabalhando com diferentes cultivos por um período de seis anos, DEDECEK et al. (1986) constataram que a manutenção de vegetação permanente, com *Brachiaria decumbens* neutralizou o efeito da erosividade da chuva e da enxurrada, diminuindo aproximadamente em 95 % as perdas de solo e de água.

Foi observado por UHDE et al. (1996), ao pesquisar métodos de preparo do solo, que a maior cobertura do solo no período de pousio estava associada à menor intensidade de preparo e que a menor cobertura estava associada à maior intensidade de preparo. ELTZ et al. (1984) constataram que a sucessão aveia-tremoço-milho em plantio direto reduziu em 69,3 % as perdas de solo e em 14, % as de água, em relação ao preparo convencional.

CARVALHO et al. (1990) constataram que o aumento na porcentagem de cobertura do solo pelo resíduo cultural do trigo diminuiu acentuadamente a perda de solo em todas as formas de manejo; e, que formas de manejo que produziram um efeito interativo com a rugosidade do solo, criada pelas operações de preparo, foram também eficazes no controle da erosão.

AMADO et al. (1989) constataram que as formas de manejos em que a resteva foi uniformemente distribuída sobre a superfície foram relativamente mais eficazes na redução das perdas de solo do que aquela em que foi semi-incorporada, salientando que qualquer forma de manejo de resíduos culturais que resulte em apreciável cobertura do solo será eficaz na redução da erosão em relação a uma superfície do solo desprotegida.

BERTOL et al. (1989) observaram que na média de todos os preparos estudados em solos com crosta superficial, a redução das perdas de solo promovida pela cobertura foi de 88,7 %, em relação à ausência de cobertura, fato este que confirma que o principal agente erosivo na erosão hídrica é a energia do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície do solo.

CASSOL et al. (1999), em estudo da influência dos métodos de melhoramento de pastagens sobre a infiltração de água e sobre as perdas de água e de solo, constataram a

ocorrência de maiores perdas de solo para o plantio convencional em decorrência da reduzida cobertura do solo e de menores perdas para o plantio direto em razão da boa cobertura, e, provavelmente, da maior estabilidade dos agregados.

KLEIN et al. (1995) constataram que o uso do escarificador ao incorporar 30 % da palhada possibilita que 70 % dos restos culturais permaneçam sobre o solo como cobertura. ALVES et al. (1998), ao avaliarem a cobertura do solo feita no dia seguinte à colheita, constataram índices em torno de 70 % no solo sem preparo e entre 30 e 50 % nas parcelas que houve semi-incorporação dos resíduos pelo preparo.

As pesquisas apontam, portanto, que os sistemas de manejo influenciam na intensidade de erosão e que esta é tanto maior quanto maior for o revolvimento do solo. Os sistemas conservacionistas promovem menores perdas de terra e de água, embora as perdas de água sejam menos influenciadas, o volume total de nutrientes carreados pela enxurrada é maior nos sistemas convencionais, o que implica em maiores danos ambientais.

### **3.3.5. Sistemas de manejo e produtividade agrícola**

SIDIRAS et al. (1983) verificaram que o rendimento médio da soja em plantio direto, num período de três anos, foi 33 % superior ao obtido em sistema de preparo convencional. ELTZ et al. (1989), ao estudar os efeitos de sistemas de preparo num período de sete anos e meio, constataram que o sistema plantio direto produziu cerca de 22 % a mais de grãos que o plantio convencional.

Por outro lado, TREIN et al. (1991), comparando métodos de preparo do solo após pastejo intensivo, atribuíram a reduzida emergência de plantas no sistema plantio direto à dificuldade de penetração dos órgãos sulcadores, deixando parte das sementes em condições desfavoráveis à germinação. Outro aspecto negativo em plantio direto foi observado por NUNES FILHO et al. (1987), que pesquisando os efeitos do preparo do solo sobre as perdas por erosão e a produtividade da cultura do milho, atribuíram a redução de 41% de produtividade no sistema plantio direto em relação ao convencional ser ocasionada pela competição de ervas daninhas que não foram eficientemente controladas pelos herbicidas utilizados.

ROSOLEM et al. (1992), num estudo envolvendo sistemas de manejo em um período de três safras, inverno/verão/inverno, constataram quando da avaliação após a terceira safra,

que no tratamento gradagem pesada ocorreu correlação significativa entre produção de matéria seca e quantidade de raízes na camada superficial, indicativa da habilidade da planta em emitir e estabelecer um bom sistema radicular, o que influenciou a produtividade em condições de ausência de estresse hídrico significativo.

Analisando a distribuição do sistema radicular e dos nutrientes sob dois sistemas de preparo do solo, MERTEN e MIELNICZUK (1991) constataram que mais de 70 % das raízes, independentemente do sistema de preparo utilizado, concentraram-se na profundidade de 0 - 10 cm, o que pode afetar o suprimento de água para a planta em período de estiagem.

SANTOS et al. (1995) constataram que a não incorporação de calcário no solo sob sistema plantio direto não afetou o rendimento de grãos de cevada e de soja. MELO FILHO e SILVA (1993), aplicando igual volume de fertilizantes, constataram que a produtividade da cultura do milho no sistema plantio direto foi 135 % superior quando comparada ao sistema convencional.

Ao estudar o impacto da rotação de culturas e de sistemas de manejo sobre a qualidade da estrutura do solo, medida pela densidade, macroporosidade, microporosidade e condutividade hidráulica saturada, e sobre a produtividade, ALBUQUERQUE et al. (1995) não constataram, ao final de sete anos, grandes diferenças entre os atributos analisados nos sistemas plantio direto e convencional, porém a produtividade da cultura do milho no sistema plantio direto foi 83 % superior à do sistema convencional.

RIBEIRO e MIRANDA (2000) relatam que a avaliação econômica de sistemas de semeadura direta e plantio convencional tem sido fruto de vários estudos, sendo que os resultados têm variado de acordo com as características específicas de cada sistema de produção e também de acordo com a época em que os estudos foram realizados. Os resultados econômicos médios obtidos durante o período de 1997 a 1999 por RIBEIRO et al. (1999), em treze propriedades na Região Sudoeste do Paraná, na comparação entre semeadura direta, cultivo mínimo e plantio convencional, demonstraram que a receita líquida seguiu uma ordem decrescente, partindo da semeadura direta, e demanda de mão de obra, ao contrário, em ordem crescente.

Nos sistemas produtivos, a concentração de raízes das plantas cultivadas ocorre nas camadas superficiais do solo. No sistema plantio direto, a melhoria da qualidade do solo se dá pelo acréscimo de matéria orgânica nas camadas superficiais, e pela manutenção da cobertura

que, normalmente, favorece uma maior disponibilidade de água nestas camadas. Os autores relatam, de modo geral, maior produtividade no sistema plantio direto em relação ao sistema convencional, e que essas melhorias se tornam mais evidentes ao longo do tempo.

#### **3.4. Influência do histórico de uso anterior nos sistemas agrícolas**

DECHEN et al (1981), pesquisando o efeito dos restos culturais de gramíneas e leguminosas no controle da erosão em Latossolo Vermelho, observaram após um período de seis anos, para várias fases de cultivo do milho, que as perdas de solo e de água foram insignificantes, demonstrando o efeito residual das gramíneas, mesmo tendo sido o milho plantado morro abaixo.

ELTZ et al. (1989), estudando os efeitos de sistemas de preparo sobre as características de um Latossolo Roxo Distrófico (atual Latossolo Vermelho Distroférico), não detectaram maiores modificações nas propriedades físicas do solo após quatro anos com cultivos diferentes, atribuindo este fato a que estes solos antes da instalação do experimento foram cultivados por mais de quinze anos sob sistema de plantio convencional.

ELTZ et al. (1989), comparando os efeitos de sistemas de preparo do solo, constataram após um período de sete anos e meio que a densidade do solo na camada de 10 – 20 cm foi maior em todos os tratamentos. Os autores relacionaram essa maior densidade com o uso anterior desse solo antes da instalação do experimento, que durante trinta anos foi manejado no sistema convencional.

CANALLI e ROLOFF (1997) verificaram que a faixa de água prontamente disponível no solo aumentou após o segundo ano sob sistema plantio direto em relação ao caracterizado após o primeiro ano, relacionando esse fato ao efeito residual dos cultivos anteriores no sistema convencional.

Os resultados obtidos por PERIN et al. (2003) demonstraram que houve diminuição no teor de matéria orgânica do solo com o tempo de uso agrícola em relação ao solo original sob floresta; enquanto que em relação aos solos sob campo nativo, o uso agrícola promoveu acréscimo no teor de matéria orgânica.

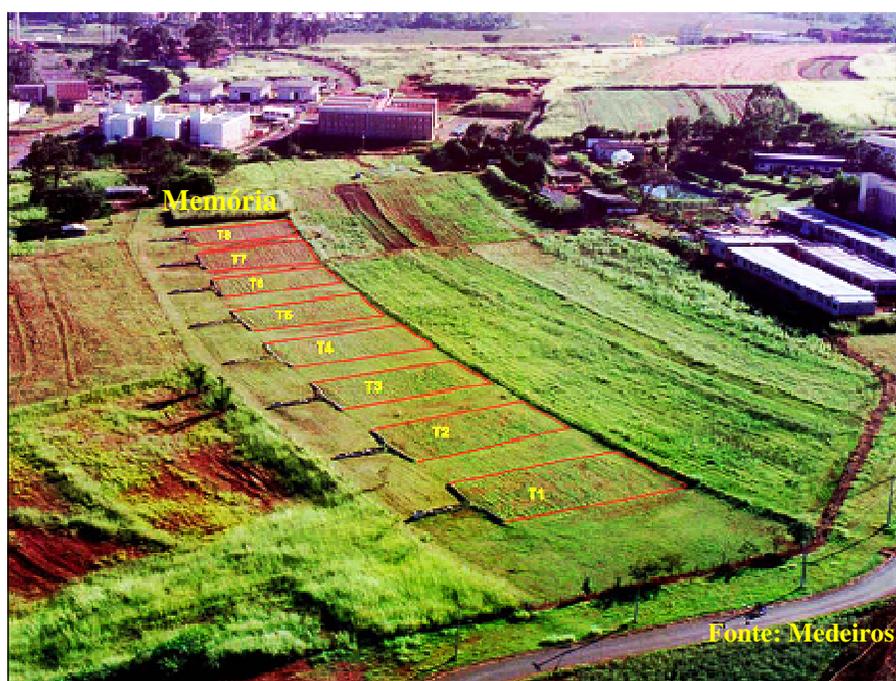
De acordo com o acima exposto, o histórico de uso e a natureza do solo influenciam nos resultados a serem obtidos nos primeiros anos de cultivo sob um determinado sistema. Neste contexto, os atributos de um solo originário de mata nativa serão diferentes daquele

originário de um solo sob cerrado, mesmo que cultivados sob o mesmo sistema. A mesma observação pode ser feita quanto ao efeito do uso anterior no solo cultivado sob diferentes sistemas de manejo.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Área da pesquisa e as parcelas experimentais

A pesquisa foi desenvolvida no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, com coordenadas geográficas centrais de 22°48'57"S e 47°03'33"W, e altitude de 640 m, em parcelas experimentais dotadas de sistemas coletores de enxurrada proveniente da erosão. A Figura 1 mostra uma visão geral do Campo Experimental da FEAGRI/UNICAMP e das parcelas experimentais onde foi instalada a pesquisa.



**Figura 1** - Localização da área de estudo na Faculdade de Engenharia Agrícola – Unicamp, com detalhe de vista aérea das parcelas experimentais, destacando-se os seguintes sistemas: T1, T2, T3 e T4 (sistema plantio direto); T5, T6, T7 e T8 (sistema convencional).

O clima da região em estudo é definido como sendo uma transição entre os tipos Cwa e Cfa, da classificação de Köppen, o que indica clima tropical de altitude com inverno seco e verão úmido. As temperaturas do mês mais quente e do mês mais frio são, respectivamente, superior a 22°C (fevereiro) e inferior a 18°C (junho). A precipitação média anual é de 1.382 mm, concentrada nos meses de outubro a março (1.048 mm), o que representa 75 % do total de chuva anual. Já o período mais seco ocorre de junho a setembro, quando a deficiência hídrica média no solo é da ordem de 7 mm. Observando o balanço hídrico dos anos de 2003 e

de 2004 (anexo 2 e anexo 3), constata-se que para a safra 2003/2004 (cultura de verão) houve regularidade na disponibilidade de água dentro das características climáticas da região em estudo.

O solo da área experimental pertence à classe dos Latossolos Vermelhos Distroféricos típicos, um tipo de solo homogêneo, argiloso, rico em óxidos de ferro e de baixa saturação por bases. Na área da pesquisa, o manejo com calagem e adubação mineral condiciona caráter epieutrófico. A classificação anterior dessa classe, segundo OLIVEIRA e MENK (1984) era Latossolo Roxo epieutrófico, A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa (Typic Haplorthox, na classificação americana; Rhodic Ferralsol, na legenda da FAO).

De acordo com o Levantamento Semidetalhado dos Solos do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1984), este solo pertence à Unidade Barão Geraldo, caracterizando-se por ser muito argiloso, sendo a média do teor de argila da unidade de  $610 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 1), espesso, friável e poroso. O horizonte B latossólico é apédico, de cor bruno-avermelhada-escura ou vermelha muito escura, com elevados teores de ferro total, o que devido à elevada contribuição de magnetita, pode ser estimado no campo com emprego de ímã. O horizonte B latossólico é espesso e apresenta grande homogeneidade vertical sendo normalmente difícil a identificação de sub-horizontes. No levantamento, a seqüência observada de horizontes foi A1 - A3 - Bw1 - Bw2 - C. São solos comumente ácidos, com soma e saturação por bases baixas, porém com baixos teores de alumínio trocável ao longo do perfil (OLIVEIRA et al., 1984). A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas de vários atributos do Latossolo Vermelho da Unidade Barão Geraldo (OLIVEIRA e MENK, 1984). A descrição morfológica e a caracterização analítica de um perfil de solo da Unidade Barão Geraldo sob vegetação natural de mata tropical sub-caducifolia (perfil 1245), foram extraídas do trabalho de OLIVEIRA e MENK (1984), sendo apresentadas no Anexo 1.

Cada parcela experimental, num total de oito, possui uma área de  $600 \text{ m}^2$ , sendo 30 m de comprimento no sentido da maior declividade do terreno, que é de  $0,09 \text{ m m}^{-1}$  e, 20 m de largura. Os talhões têm exposição Oeste e orientação Norte-Sul. O sistema coletor disposto na extremidade inferior do talhão consta de uma soleira com entrada para três tanques, construídos em alvenaria com capacidades decrescentes de armazenamento de respectivamente  $3,11 \text{ m}^3$ ,  $1,41 \text{ m}^3$  e  $0,84 \text{ m}^3$ .

A Figura 2 ilustra a parte inferior de uma parcela com seu sistema coletor de enxurrada. O primeiro tanque possui uma tela para retenção de material de maior porte e restos de cultura, e é denominado tanque de decantação, o segundo tanque é denominado tanque de armazenamento e, igualmente, o terceiro tanque, que atua como reserva, na hipótese de um grande evento pluviométrico.

**Tabela 1.** Valores de média, desvio padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação (CV) de atributos físicos e químicos do solo da Unidade Barão Geraldo.

Atributo	Camada	Unidade	Número de pontos	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo	CV %
pH em Água	A	-	49	5,3	0,2	4,1	7,2	12
	B	-	281	5,1	0,1	3,9	6,4	9
pH em KCl	A	-	11	5,2	0,6	4	6,8	17
	B	-	46	4,9	0,1	3,9	5,7	10
C	A	%	47	1,8	0,3	0,2	6,4	54
	B	%	265	0,9	0	0,2	3	37
S	A	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	49	3,7	1,1	0,1	21,7	110
	B	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	284	1,1	0,1	0	4,7	72
Al <sup>+3</sup>	A	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	49	0,5	0,1	0	2	99
	B	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	284	0,4	0,1	0	3	9
CTC	A	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	48	15,2	2	4,5	49,6	47
	B	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	283	7,6	0,6	1,6	24,1	43
V	A	%	49	37	8	4	95	73
	B	%	284	24	2	1	56	58
m	A	%	49	26	8	1	88	112
	B	%	284	26	3	0	92	100
Argila	A	g kg <sup>-1</sup>	48	550	30	290	740	17
	B	g kg <sup>-1</sup>	283	610	10	390	800	14
Areia grossa	A	g kg <sup>-1</sup>	48	110	20	30	240	53
	B	g kg <sup>-1</sup>	283	90	10	10	210	55
Ferro Total	A	%	2	-	0	17	21	-
	B	%	108	22	1	17	30	14

C (carbono), S (soma de bases), Al<sup>+3</sup> (alumínio trocável), CTC (capacidade de troca catiônica), V (saturação em bases), m (saturação em alumínio), A (camada superficial), B (camada subsuperficial). Valores expressos em relação à terra fina seca ao ar.

Fonte: OLIVEIRA e MENK (1984).

Os tanques são interligados por calhas, as quais possuem uma estrutura divisora de volume de enxurrada denominada Divisor GEIB. O divisor GEIB apresenta um número ímpar de janelas retangulares, com o maior comprimento no sentido vertical, de maneira a permitir que uma determinada quantidade de enxurrada seja dividida, e tenha igual escoamento em todas as janelas. Assim quando um tanque transborda, somente a janela do meio, conduz enxurrada para a calha e desta para o outro tanque, sendo que as outras janelas descartam a enxurrada excedente. Observa-se que a água é conduzida de maneira fracionada de um tanque para o outro. O Divisor GEIB tem a finalidade de fracionar o volume de material e manter a proporcionalidade de componentes.



**Figura 2** - Sistema coletor de enxurrada em parcela experimental do Campo Experimental da FEAGRI/UNICAMP.

As parcelas experimentais da FEAGRI foram implantadas no biênio 1985/86, em área anteriormente ocupada com reflorestamento. Como subsídio à avaliação do efeito residual no solo decorrente dos usos e manejos anteriores aplicados às parcelas experimentais, o ensaio anterior realizado é descrito no tópico subsequente.

#### **4.2. Ensaio anterior na área das parcelas experimentais da FEAGRI/ UNICAMP**

Nos anos agrícolas 1986/87, 1987/88 e 1989/90, todas as parcelas foram manejadas de maneira idêntica quanto ao preparo do solo, com subsolagem, aração e gradagem de

destorroamento, com o principal objetivo de eliminar a compactação existente no solo (LUCARELLI, 1997). Cada parcela correspondeu sempre a um único tratamento durante este período. Em oito parcelas foram construídos os sistemas coletores de enxurrada e uma parcela ficou sem sistema coletor, sendo deixada para revegetação espontânea, para atuar como memória.

A partir do ano agrícola 1990/91, cada parcela recebeu um tratamento, conforme descrito abaixo:

T1 - Sistema Convencional com Grade Aradora;

T2 - Sistema Alternado de Equipamentos (primeiro ano com grade aradora, segundo ano com arado de discos, terceiro ano com arado de aivecas e quarto com escarificador);

T3 - Sistema Reduzido com Escarificador de 5 hastes flexíveis;

T4 - Sistema de Semeadura Direta;

T5 - Sistema Convencional com Arado de Discos reversível (3 discos) em nível;

T6 - Talhão Roçado sem Mobilização;

T7 - Sistema Convencional com Arado de Discos reversível (3 discos) morro abaixo;

T8 - Sistema de Rotavação (enxada rotativa).

Na condução do ensaio foram caracterizados atributos do solo, bem como computadas as perdas de terra por erosão ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) e a produtividade de milho pipoca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). A caracterização completa do ensaio consta da dissertação de mestrado de LUCARELLI (1997).

### **4.3. Ensaio atual**

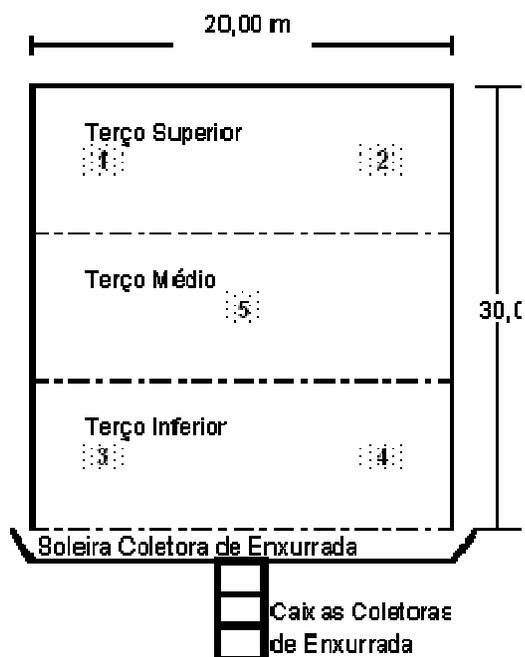
#### **4.3.1. Caracterização da condição do solo das parcelas após o ciclo de tratamentos do ensaio anterior**

A caracterização da condição do solo das parcelas para avaliação do efeito dos oito tratamentos do ensaio anterior foi efetuada a partir da amostragem do solo de cada parcela, inclusive da parcela Memória, em julho de 2003, antes da instalação da safra 2003/04 do ensaio atual.

Foram extraídas amostras deformadas e indeformadas em anéis volumétricos de  $100 \text{ cm}^3$  em cinco pontos em cada talhão, sendo dois pontos no terço superior, um ponto no terço central e dois pontos no terço inferior, em três camadas, nas profundidades de 0,00 m - 0,20

m; 0,20 m – 0,40 m e 0,40 m – 0,60 m. A Figura 3 ilustra os locais de retirada das amostras em cada parcela experimental.

As amostras deformadas foram utilizadas para análise granulométrica pelo método da pipeta, com determinação da areia em cinco frações e análises de fertilidade do solo. As amostras indeformadas foram utilizadas para determinação da curva de retenção de água, da densidade do solo, da macroporosidade, da microporosidade e da porosidade total. Os conteúdos de água no solo foram determinados em extratores de Richards nas seguintes pressões: 1, 6, 10, 33, 50, 75, 100, 300 e 1.500 kPa. O conteúdo de água retido no solo após a pressão de 6 kPa define a microporosidade, após a pressão de 33 kPa a capacidade de campo, considerando tratar-se de um solo argiloso, e após a pressão de 1500 kPa o ponto de murcha permanente. O conteúdo de água retido entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente define a água disponível no solo e entre a capacidade de campo e 100 kPa a água facilmente disponível.



**Figura 3** - Posicionamento dos locais de coletas das amostras de solo na parcela experimental na caracterização da área.

O ajuste da curva de retenção de água no solo foi efetuado empregando o modelo de Van Genuchten (1980), com o uso do programa *Soil Water Retention Curve* (DOURADO NETO et al., 2000). As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Solos da FEAGRI

e as análises de fertilidade foram realizadas em laboratório comercial, sendo determinados os valores de pH, em água e em CaCl<sub>2</sub>, matéria orgânica, macronutrientes, acidez potencial e alumínio trocável. Os métodos analíticos constam de CAMARGO et al. (1986) e EMBRAPA (1997).

#### 4.3.2. Ensaio atual na área das parcelas experimentais

Após a coleta das amostras de solo com vistas à caracterização da qualidade do solo após os ciclos de tratamentos do ensaio anterior, procedeu-se ainda em julho de 2003 a uma escarificação em todas as parcelas experimentais, a 0,30 m de profundidade com o objetivo de uniformização da área antes da aplicação dos tratamentos do ensaio atual.

Foram então implantados dois tratamentos: Sistema Plantio Direto (SPD), com mobilização do solo apenas na linha de plantio com semeadora/adubadora específica e utilização de herbicidas para controle de plantas invasoras, e Sistema Convencional (SC), com preparo do solo com uma gradagem pesada a 0,15 m de profundidade, com grade de 16 discos de 24 polegadas, seguida de uma gradagem de destorroamento/nivelamento na época da semeadura.

O delineamento experimental constou de 04 replicações sendo que o SPD foi implantado nas parcelas 1, 2, 3 e 4, correspondentes aos tratamentos T1, T2, T3 e T4 do ensaio anterior, e o SC foi implantado nas parcelas 5, 6, 7 e 8, correspondentes aos tratamentos T5, T6, T7, e T8 do ensaio anterior, respectivamente. A Tabela 2 ilustra a correspondência entre parcela, tratamento no ensaio anterior e tratamento no ensaio atual.

**Tabela 2** – Correspondência entre as parcelas e tratamentos dos ensaios anterior e atual.

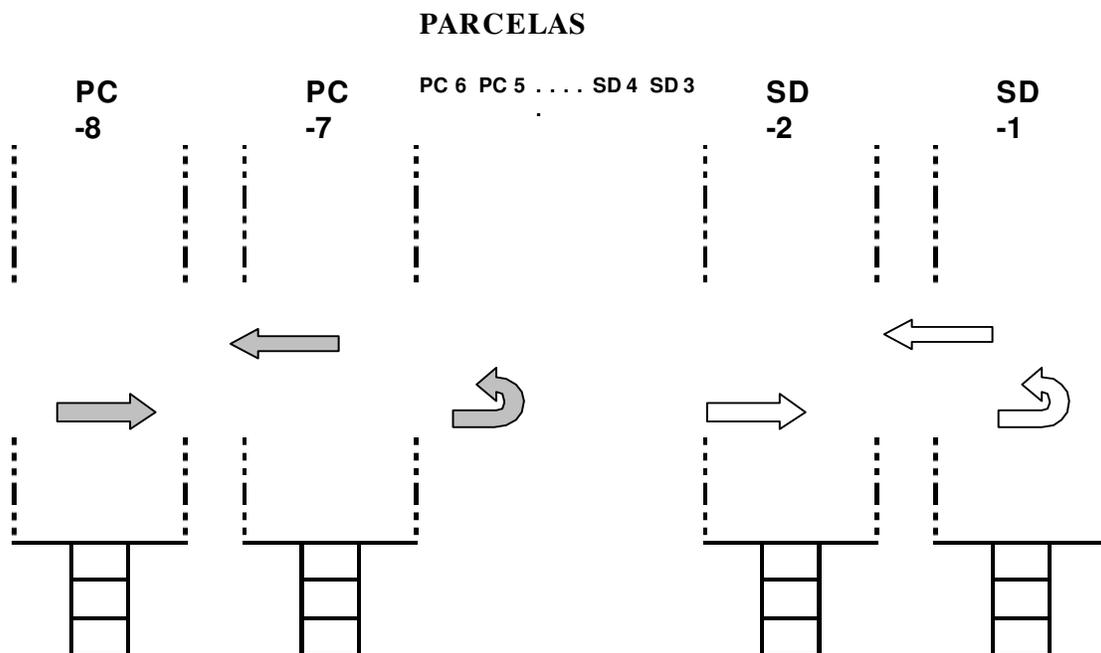
<b>Parcela</b>	<b>Ensaio Anterior (1990 a 1997)</b>	<b>Ensaio Atual Safrá 2003/04</b>
<b>1</b>	<b>T1</b> - Grade Aradora	<b>SPD</b> - Sistema Plantio Direto
<b>2</b>	<b>T2</b> - Sistema Alternado	<b>SPD</b> - Sistema Plantio Direto
<b>3</b>	<b>T3</b> - Escarificação	<b>SPD</b> - Sistema Plantio Direto
<b>4</b>	<b>T4</b> - Semeadura Direta	<b>SPD</b> - Sistema Plantio Direto
<b>5</b>	<b>T5</b> - Arado de Disco em Nível	<b>SC</b> - Sistema Convencional
<b>6</b>	<b>T6</b> - Roçado	<b>SC</b> - Sistema Convencional
<b>7</b>	<b>T7</b> - Arado de Disco Morro Abaixo	<b>SC</b> - Sistema Convencional
<b>8</b>	<b>T8</b> - Enxada Rotativa	<b>SC</b> - Sistema Convencional
	Memória	Memória

Nas parcelas sob sistema plantio direto, fez-se o plantio a lanço de aveia preta (*Avena strigosa*), no período entre o final de julho e início de agosto de 2003, para a produção de palhada. Utilizou-se calcário na proporção de 0,830 Mg ha<sup>-1</sup> como veículo para distribuição das sementes.

Após a semeadura, efetuou-se gradagem leve para enterrio das sementes, em seguida fez-se a irrigação em todas as parcelas no início de agosto para proporcionar melhores condições de germinação e desenvolvimento inicial. Houve necessidade de replantio no terço inferior das parcelas para a formação da palhada, devido ao baixo índice de emergência, o qual foi realizado dentro da primeira quinzena de agosto de 2003, observando-se maiores índices de falhas nas parcelas 4, 7 e 8. Após estes cuidados iniciais, as culturas desenvolveram-se normalmente. Nas parcelas de SPD, os restos da aveia foram dessecados para formação da palhada; nas parcelas de SC, os restos da aveia foram incorporados ao solo por ocasião da implantação da cultura do milho na safra de verão. Em outubro de 2003, para caracterização da fertilidade do solo com vistas à adubação de plantio, foi extraída de cada parcela uma amostra composta de 15 sub-amostras na camada de 0 - 20 cm.

#### **4.3.3. Ano Agrícola 2003/2004**

Efetuiu-se o plantio da cultura do milho no dia 05 de novembro de 2003, utilizando-se de uma semeadora/ adubadora, acoplada a um trator de 75 CV, que realizou esta operação em todas as parcelas no mesmo dia. As parcelas foram trabalhadas quatro a quatro, de acordo com o respectivo tratamento, para uma melhor qualidade e eficiência de trabalho da semeadora. A Figura 4 ilustra o deslocamento da semeadora na área da pesquisa.



**Figura 4** - Forma de deslocamento do trator na realização do plantio do milho.

Foi utilizada a variedade SHS 4050 da Santa Helena Sementes, um híbrido duplo, com tipo de grão duro, laranja, ciclo super precoce, com florescimento masculino em 60 dias e maturação fisiológica média de 115 dias. A densidade de plantio recomendada é de 50.000 plantas  $ha^{-1}$ , ou, considerando a área das parcelas, de 3.000 plantas por 600  $m^2$ . A produtividade potencial da variedade é de 8.245  $kg\ ha^{-1}$  ou de cerca de 138 SC 60  $kg\ ha^{-1}$ .

Posteriormente, cada parcela foi fechada com placas metálicas, para que não houvesse entrada de águas pluviais de áreas adjacentes, nem saída de enxurrada (Figura 5).

Na semeadura do milho, as adubações foram realizadas de acordo com os resultados das análises de fertilidade de solo e com o potencial de produção da variedade. Fez-se a adubação de cobertura aos 45 dias após o plantio. O florescimento do milho ocorreu no início de fevereiro e a colheita foi efetuada em abril de 2004. Os tratos culturais foram realizados manualmente, seguindo os princípios dos respectivos sistemas de manejo.

Durante o mês de março de 2004, fez-se um teste biométrico da cultura do milho, de acordo com a metodologia recomendada por DUARTE e PATERNIANI (2000), onde foi avaliado o estande, altura da planta, altura de inserção da espiga, número de espigas por pé, massa de 1.000 sementes e teor de água. Foram avaliadas 60 plantas por parcela, sendo 20 no terço superior, 20 no terço médio e 20 no terço inferior.



**Figura 5** - Parcelas fechadas por placas metálicas (nas laterais e parte superior) para contenção de enxurrada e prevenção de entrada de água de fora da parcela.

Ainda durante a safra de verão, por ocasião do florescimento da cultura do milho, que ocorreu no período entre 10 e 20 de janeiro de 2004, foram retiradas amostras para avaliação da fertilidade do solo, sendo uma amostra composta por talhão a partir de 15 sub-amostras, nas profundidades de 0 – 0,10 m e 0,10 m - 0,20 m.

Após a colheita da cultura do milho, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, nas camadas de 0,00 m - 0,20 m e 0,20 m - 0,40 m, em quinze pontos da parcela (Figura 6), para caracterização física do solo. A análise de estabilidade de agregados foi realizada pelo método via úmida, sendo amostrada somente a profundidade de 0,00 m - 0,20 m. As amostras indeformadas em anéis volumétricos também foram extraídas em quinze locais nas parcelas por camada de solo, sendo efetuadas as análises de porosidade, densidade do solo e curva de retenção, de modo semelhante ao já relatado anteriormente, com realização das análises também no Laboratório de Solos da FEAGRI. Para análise dos resultados, foi utilizado o valor médio por camada por parcela.



ao valor restante, de 27 % da erosividade anual, multiplicando os valores determinados pelo fator 1,36986.

#### **4.3.5. Caracterização da produção de milho nas parcelas experimentais**

A colheita manual foi realizada no início de abril de 2004 e para a debulha do milho utilizou-se uma trilhadeira acoplada ao trator, com o ensacamento da produção para posterior pesagem. Nessa fase, retiraram-se amostras para avaliação da umidade do grão, com o objetivo de estimativa de safra. Posteriormente, os valores de produtividade em kg ha<sup>-1</sup> foram corrigidos, para fins de padronização, para a umidade de 14,5%, de acordo com a equação 1 abaixo extraída de trabalho de DUARTE e PATERNIANI (2000):

$$P_f = [P_i (100 - U_i)] / (100 - U_f) \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

P<sub>f</sub>= Massa final corrigida para a umidade de 14,5%

P<sub>i</sub>= Massa inicial

U<sub>i</sub>= Umidade inicial determinada em laboratório

U<sub>f</sub>= Umidade final padrão de 14,5 %

Como já referido, a variedade de milho SHS 4050, utilizada no ensaio, apresenta uma recomendação de estande de 50.000 plantas por hectare, ou de 3.000 plantas por 600m<sup>2</sup>. Os estandes apresentaram, no entanto, desuniformidade. Fez-se então análise de covariância para eliminar o efeito estande na produtividade da cultura do milho e, posteriormente, efetuou-se os testes estatísticos para comparar os tratamentos.

#### **4.4. Referências para os atributos pesquisado**

Para auxiliar a interpretação da variação da qualidade do solo na área experimental, foram utilizadas algumas situações de referências como definidas a seguir.

**Referência 1** - A condição do solo sob vegetação natural de mata tropical subcaducifólia, conforme apresentado por OLIVEIRA e MENK (1984), para a qual se adotou o perfil 1245 (Anexo 1).

**Referência 2** - Os valores dos atributos do solo obtidos com as análises das amostras coletadas em julho de 2003 na parcela Memória, excetuando-se a referência para estabilidade

dos agregados, para qual se utilizou o resultado de análise de amostra coletada em novembro de 2002, durante uma disciplina de pós-graduação (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 3** – Atributos físicos do solo da parcela memória (após 14 anos, mantido em pousio para regeneração da vegetação).

Camada. (m)	Ds ( $\text{Mg m}^{-3}$ )	Pt ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Mic ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	Mac ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )	DMP (mm)
0,00 – 0,20	1,25	0,47	0,36	0,11	4,01
0,20 – 0,40	1,23	0,48	0,35	0,13	3,13
0,40 – 0,60	1,24	0,51	0,39	0,12	2,51

Ds, densidade do solo; Pt, porosidade total; Mic, microporosidade; Mac, macroporosidade e DMP, diâmetro médio ponderado.

**Tabela 4** – Atributos fúimicos do solo da parcela memória –FEAGRI/UNICAMP.

Camada (m)	pH CaCl	pH KCl	MO $\text{g dm}^{-3}$	P res $\text{mmol}_c$ $\text{dm}^{-3}$	K $\text{mmol}_c$ $\text{dm}^{-3}$	Ca $\text{mmol}_c$ $\text{dm}^{-3}$	Mg $\text{mmol}_c$ $\text{dm}^{-3}$	V %
0,00 - 0,10	5,0	5,1	41	3	0,7	49	25	56
0,10 - 0,20	5,0	5,1	39	3	0,9	59	23	61
0,20 - 0,40	5,0	5,1	29	3	0,7	69	26	69

V %, saturação por base.

#### 4.5. Análises Estatísticas

Os dados foram analisados utilizando delineamento inteiramente casualizado. Foi efetuada a análise exploratória dos dados por tratamento e por camada de solo, e verificada a normalidade dos dados pelo teste de SHAPIRO-WILK (1965).

A variabilidade do conjunto de dados foi verificada de acordo com os critérios de WARRICK e NIELSEN (1980), que indicam como sendo de baixa variabilidade coeficiente de variação inferior a 12 %, de média variabilidade coeficiente de variação igual ou superior a 12 % e inferior a 60 %, e de alta variabilidade coeficiente de variação superior a 60 %.

Também foi realizada análise de variância pelo teste F, com comparação de médias pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Para realização das análises, foi utilizando o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 1990).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Fase de Pré-Ensaio: Caracterização da condição do solo das parcelas experimentais e da parcela memória ao final do ensaio anterior (julho de 2003)

#### 5.1.1. Caracterização dos atributos físicos

O solo das parcelas experimentais apresenta granulometria argilosa e muito argilosa, como pode ser observado pelos dados constantes do Apêndice 1. As Tabelas 6, 8, 10 e 12 apresentam os resultados referentes à análise descritiva para os atributos físicos densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade, para as parcelas experimentais e para a parcela memória.

Observando-se os coeficientes de variação (CV %), constata-se que para os atributos físicos densidade do solo, porosidade total e microporosidade a variabilidade dos dados é baixa (CV < 12 %) para todos os tratamentos analisados, enquanto que para o atributo macroporosidade a maioria dos tratamentos apresenta média variabilidade (12 % < CV < 60 %).

Os valores dos atributos físicos nos tratamentos e profundidades estudados compõem uma distribuição cuja média é menos que 1 % maior ou menor que a mediana, estando bem próximos um do outro, demonstrando distribuição simétrica para esses atributos, constatando-se, portanto, que a média representa bem o conjunto de dados. Todos os atributos físicos nas profundidades analisadas apresentaram normalidade pelo teste de SHAPIRO-WILK (1965). Os resultados das análises de variância (valores de F e CV %), para os atributos avaliados estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** – Valores de F, coeficiente de variação (CV %) para os valores de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade para o Latossolo Vermelho Distroférico. Campinas-(SP).

Causa de variação	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	Mac (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Mic (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
Tratamento	0,0104*	0,0680ns	0,0071**	0,0028*
Camada	0,2404 ns	0,0395*	0,0001**	0,0001**
Tratamento x camada	0,1655 ns	0,0064**	0,0035*	0,0090*
CV (%)	5,29%	22,97	4,72	5,76

\*\* significativo a 1 %; \* significativo a 5 %; ns= não significativo; Ds, densidade do solo; Pt, porosidade total; Mic, microporosidade; Mac, macroporosidade e DMP.

Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos e profundidades. A interação tratamento x profundidade também foi significativa, mostrando que o efeito dos tratamentos depende do efeito da profundidade, e vice-versa.

#### **5.1.1.1. Densidade do Solo**

Os dados referentes à análise descritiva do atributo densidade do solo nas parcelas experimentais e na parcela memória são apresentados na Tabela 6. A densidade do solo ( $D_s$ ) apresentou baixa variabilidade nas três camadas analisadas para todos os tratamentos. Na camada de 0-0,20 m, os tratamentos Alternado (T2) e Escarificador (T3) obtiveram os maiores valores de coeficiente de variação, quando comparados aos demais tratamentos. A alternância de implementos, no caso do tratamento alternado (T2), e a atuação do implemento apenas nas linhas de sulcamento, no caso do tratamento Escarificador (T3) podem ser as principais causas de variação.

Ainda na camada 0,00 - 0,20 m, o valor mínimo da densidade do solo ocorreu no tratamento Escarificador (T3) e o valor máximo no tratamento Grade Aradora (T1). Em termos médios o tratamento Grade Aradora (T1) também deteve o maior valor de densidade do solo ( $D_s = 1,36 \text{ Mg m}^{-3}$ ), diferindo estatisticamente para mais dos tratamentos Arado de Disco (T5) e Enxada Rotativa (T8) (respectivamente,  $D_s = 1,21 \text{ Mg m}^{-3}$  e  $D_s = 1,18 \text{ Mg m}^{-3}$ ). As médias dos demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 6).

Para a profundidade de 0,20 - 0,40 m, os tratamentos Roçado (T6) e Memória (T9) foram os que apresentaram os maiores coeficientes de variação. Em relação ao valor mínimo de densidade do solo nesta camada, observa-se que os tratamentos Roçado (T6) e Enxada Rotativa (T8) detiveram o menor valor, que foi de  $D_s = 1,17 \text{ Mg m}^{-3}$ . No entanto, o maior valor de densidade do solo,  $D_s = 1,41 \text{ Mg m}^{-3}$ , também ocorreu no tratamento Roçado (T6). Nessa camada as médias dos tratamentos analisados não diferiram estatisticamente entre si no nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 6).

Já na última camada analisada (0,40 - 0,60 m), observa-se que os maiores valores de coeficiente de variação ocorreram nos tratamentos Semeadura Direta (T4) e Memória (T9), sendo que o tratamento Morro Abaixo (T7) apresentou o menor CV%. O valor mínimo de densidade do solo caracterizado ocorreu no tratamento Semeadura Direta (T4) e o valor máximo desse atributo ocorreu no tratamento Memória (T9). Porém, os testes de média

indicam que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si, no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 6).

**Tabela 6.** Estatística descritiva para os dados de densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>) em três camadas. Campinas-(SP) – Julho/2003.

		Densidade do solo (Mg m <sup>-3</sup> )					
		Camada 0,00-0,20 m					
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	1,36A	1,33	0,06	1,30	1,46	4,68
T2	Sistema Alternado	1,27AB	1,21	0,09	1,19	1,39	7,47
T3	Escarificador	1,28AB	1,30	0,08	1,14	1,36	6,53
T4	Semeadura Direta	1,27AB	1,28	0,05	1,20	1,32	3,62
T5	Arado de Disco 1	1,21B	1,19	0,05	1,16	1,28	4,20
T6	Roçado	1,27AB	1,27	0,07	1,20	1,36	5,5
T7	Arado de Disco 2	1,25AB	1,24	0,07	1,17	1,36	5,51
T8	Enxada Rotativa	1,18B	1,19	0,02	1,15	1,20	2,20
	Memória	1,25AB	1,24	0,02	1,28	1,23	1,73
		Camada 0,20-0,40 m					
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	1,26A	1,24	0,05	1,20	1,34	4,39
T2	Sistema Alternado	1,26A	1,27	0,05	1,18	1,31	4,24
T3	Escarificador	1,31A	1,29	0,03	1,28	1,36	2,63
T4	Semeadura Direta	1,26A	1,23	0,06	1,21	1,32	4,54
T5	Arado de Disco 1	1,33A	1,35	0,06	1,24	1,39	4,92
T6	Roçado	1,32A	1,33	0,09	1,17	1,41	7,46
T7	Arado de Disco 2	1,27A	1,27	0,04	1,21	1,31	2,97
T8	Enxada Rotativa	1,25A	1,23	0,08	1,17	1,38	6,27
	Memória	1,23A	1,22	0,08	1,37	1,17	6,65
		Camada 0,40-0,60 m					
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	1,23A	1,21	0,06	1,17	1,34	5,20
T2	Sistema Alternado	1,27A	1,30	0,07	1,33	1,15	5,80
T3	Escarificador	1,30A	1,30	0,04	1,25	1,34	2,90
T4	Semeadura Direta	1,23A	1,26	0,13	1,03	1,35	10,90
T5	Arado de Disco 1	1,23A	1,26	0,06	1,12	1,27	5,10
T6	Roçado	1,30A	1,30	0,04	1,25	1,35	3,00
T7	Arado de Disco 2	1,28A	1,28	0,03	1,24	1,32	2,30
T8	Enxada Rotativa	1,20A	1,20	0,07	1,11	1,30	5,80
	Memória	1,24A	1,22	0,08	1,18	1,38	6,50

1 – Aração em nível; 2 – Aração morro abaixo.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si no nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

Como já comentado, os resultados da análise de variância (Tabela 7) mostram haver diferenças significativas entre tratamentos e camadas analisadas para o atributo densidade do solo. Na camada 0 - 0,20 m, somente o valor de  $D_s = 1,36 \text{ Mg m}^{-3}$  para o solo da parcela após o tratamento Sistema Convencional com Grade Aradora (T1) apresentou diferença significativa em relação ao valor de  $D_s = 1,21 \text{ Mg m}^{-3}$  do tratamento Arado de Disco (T5) e do valor de  $D_s = 1,18 \text{ Mg m}^{-3}$  do tratamento Enxada Rotativa (T8), sendo que os demais valores não diferiram estatisticamente entre si, no nível de 5 % de probabilidade. Os três tratamentos estão entre os que mais sofreram mobilização do solo no ensaio anterior realizado na área das parcelas experimentais. Considerando que nessa camada a amostragem foi realizada à profundidade média de 0,10 m (entre 0,75 e 0,125), a maior densidade do tratamento Grade Aradora (T1) pode indicar que esse implemento de preparo do solo atuou superficialmente, compactando imediatamente abaixo da zona de contato com o elemento ativo. Resultados semelhantes foram encontrados por LUCARELLI (1997) trabalhando na mesma área. AZENEGASHE et al. (1997) e CINTRA et al. (1983) também constataram níveis elevados de densidade do solo em profundidades próximas à superfície em solos cultivados sob sistema convencional. Neste trabalho, observou-se que o tratamento com Grade Aradora (T1) foi aquele que resultou em maior densidade do solo, valor este próximo a  $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ , o mesmo encontrado por STONE e SILVEIRA (2001) ( $D_s = 1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ ), quando utilizaram grade aradora em Latossolo Vermelho Perférico.

As menores densidades médias obtidas para os tratamentos Arado de Disco (T5) ( $D_s = 1,21 \text{ Mg m}^{-3}$ ) e Enxada Rotativa (T8) ( $D_s = 1,18 \text{ Mg m}^{-3}$ ) podem ser devidas à maior mobilização do solo, que promoveu um maior arejamento da camada superficial, o que está de acordo com o observado por CORSINI et al. (1986). Por outro lado, quando se compara o valor da densidade do mesmo tipo de solo (Latossolo Vermelho) em sua condição original, sob mata tropical subcaducifólia, de  $0,93 \text{ Mg m}^{-3}$  (perfil 1245, em OLIVEIRA e MENK, 1984), conclui-se que o uso agrícola promoveu o aumento da densidade do solo em todos os tratamentos analisados.

Nas camadas de 0,20 - 0,40 m e de 0,40 - 0,60 m, os valores de densidade do solo nos tratamentos analisados não diferiram estatisticamente entre si. Considerando que para a camada de 0,20 - 0,40 m a amostragem foi realizada à profundidade média de 0,30 m (27,5 m e 32,5 m), pode-se admitir que estes resultados se devem ao fato de que os implementos atuaram bem

acima desta camada, como relatado também nos trabalhos de CINTRA et al. (1983) e CENTURION e DEMAITÊ (1985a).

**Tabela 7.** Valores médios de densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) em três camadas. Campinas SP) – Julho/2003.

Parcela	Tratamento	Densidade do Solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ )		
		Camada (m)	0,00-0,20	0,20-0,40
T1	Grade Aradora	1,36Aa	1,26Aab	1,23Ab
T2	Sistema Alternado	1,27ABa	1,26Aa	1,27Aa
T3	Escarificador	1,28ABa	1,31Aa	1,30Aa
T4	Semeadura Direta	1,27ABa	1,26Aa	1,23Aa
T5	Arado de Disco 1	1,21Bb	1,33Aa	1,23Ab
T6	Roçado	1,27ABa	1,32Aa	1,32Aa
T7	Arado de Disco 2	1,25ABa	1,27Aa	1,28Aa
T8	Enxada Rotativa	1,18Ba	1,25Aa	1,20Aa
	Memória	1,25ABa	1,23Aa	1,24Aa

1 – Aração em nível: 2 – Aração morro abaixo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade.

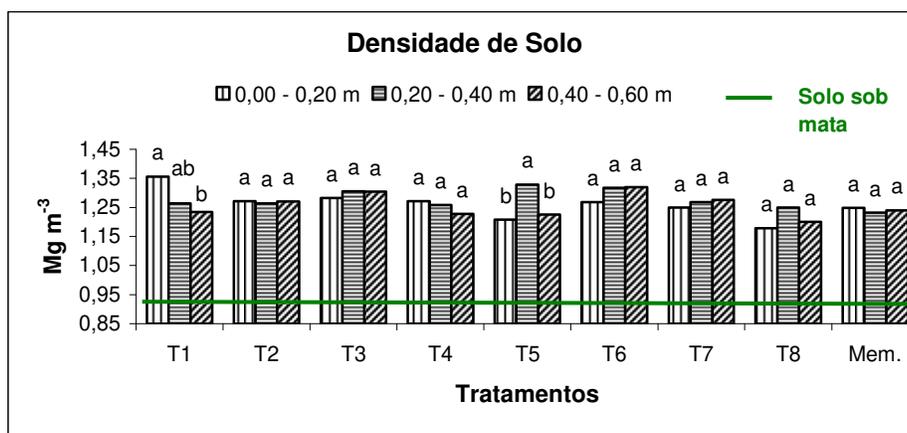
Quando se compara a variação da densidade do solo entre as camadas (Figura 7), observa-se que apenas os tratamentos Grade Aradora (T1) e Arado de Disco (T5) apresentam diferenças significativas. Para os demais tratamentos as diferenças entre as camadas não foram significativas estatisticamente no nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Para o tratamento Grade aradora (T1), a diferença ocorreu entre as camadas 0 - 0,20 m e 0,40 - 0,60 m, sendo que a densidade é maior na camada superficial (0 - 0,20 m), fato que pode ser atribuído à compactação condicionada pelo trabalho mecânico.

Para o tratamento Arado de Disco (T5), a maior valor de Ds ocorreu na camada intermediária, 0,20 - 0,40 m, indicando compactação abaixo da linha de corte do implemento, neste caso, o arado de disco. STONE e SILVEIRA (2001) encontraram resultados semelhantes com relação à compactação do solo, imediatamente abaixo da linha de corte do implemento.

Segundo GOEDERT et al. (2002) quando se deseja o uso sustentável de LATOSSOLOS, valores de densidade do solo considerados adequados se situam na faixa entre 0,70 e 1,00  $\text{Mg m}^{-3}$ . Observa-se na Figura 7 que, na média, o atributo densidade do solo nas parcelas experimentais apresenta valores acima da faixa indicada. Ressalta-se que todos os tratamentos analisados já partiram de valores elevados de densidade, acima do valor de referência sob mata tropical subcaducifólia (perfil 1245, OLIVEIRA e MENK, 1984),

indicando a degradação do solo no que respeita a esse atributo, após vários anos de uso agrícola.



**Figura 7** - Variação da densidade do solo em profundidade nas parcelas experimentais. Condição do solo no pré-ensaio, em Julho/2003. Valores de referência: solo sob mata e solo da parcela Memória.

### 5.1.1.2. Porosidade

Os dados referentes à análise descritiva do atributo porosidade do solo são apresentados na Tabela 8. A porosidade total apresentou baixa variabilidade nas três camadas analisadas para todos os tratamentos, sendo que o coeficiente de variação (CV %) variou de 1,47 % a 12,10 %. Os valores de porosidade do solo para os tratamentos Escarificador (T3) e Morro abaixo (T7) estão mais dispersos na camada de 0,00 - 0,20 m, demonstrando que as influências desses sistemas de preparo no atributo porosidade do solo manifestam-se com maior intensidade nesta camada. Para o tratamento Escarificador (T3), pode-se atribuir este fato à forma de atuação do implemento, que pode promover uma amplitude maior para este atributo. O valor mínimo de porosidade total encontrado nessa camada, de  $0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , ocorreu nas parcelas que receberam o tratamento com Grade Aradora (T1) e arado Morro Abaixo (T7). O maior valor encontrado, de  $0,52 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , ocorreu para o tratamento Escarificador (T3). Na média, o solo sob tratamento com Enxada Rotativa registrou o maior valor de porosidade total de  $0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  igual ao da parcela Memória. No entanto, este valor se diferencia significativamente do valor obtido para os tratamentos Grade Aradora (T1) e Semeadura Direta (T4), de  $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

**Tabela 8** - Estatística descritiva para os dados de porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ), em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003.

Porosidade Total ( $m^3 m^{-3}$ )							
Camada 0,00-0,20 m							
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,42 B	0,42	0,01	0,40	0,43	2,70
T2	Sistema Alternado	0,43 AB	0,43	0,01	0,41	0,45	3,30
T3	Escarificador	0,45 AB	0,45	0,03	0,42	0,50	6,80
T4	Semeadura Direta	0,42 B	0,42	0,01	0,41	0,44	2,90
T5	Arado de Disco 1	0,46 AB	0,46	0,02	0,43	0,47	3,70
T6	Roçado	0,45 AB	0,45	0,01	0,43	0,47	3,30
T7	Arado de Disco 2	0,44 AB	0,42	0,03	0,40	0,47	7,40
T8	Enxada Rotativa	0,47 A	0,47	0,02	0,45	0,49	3,80
	Memória	0,47 A	0,47	0,01	0,45	0,48	2,40
Camada 0,20-0,40 m							
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,43 B	0,43	0,01	0,42	0,45	3,00
T2	Sistema Alternado	0,45 AB	0,46	0,02	0,42	0,48	5,00
T3	Escarificador	0,45 AB	0,46	0,01	0,43	0,46	2,94
T4	Semeadura Direta	0,45 AB	0,45	0,03	0,42	0,48	5,80
T5	Arado de Disco 1	0,45 AB	0,45	0,01	0,43	0,46	2,50
T6	Roçado	0,46 AB	0,46	0,02	0,44	0,49	4,50
T7	Arado de Disco 2	0,47 AB	0,46	0,01	0,45	0,49	3,20
T8	Enxada Rotativa	0,48 A	0,48	0,01	0,47	0,49	1,50
	Memória	0,48 A	0,48	0,04	0,43	0,52	7,60
Camada 0,40-0,60 m							
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,51 A	0,51	0,011	0,50	0,53	2,20
T2	Alternado	0,51 A	0,51	0,017	0,49	0,53	3,31
T3	Escarificador	0,50 A	0,51	0,022	0,47	0,52	4,35
T4	Semeadura Direta	0,51 A	0,51	0,047	0,46	0,58	9,30
T5	Arado de Disco 1	0,51 A	0,51	0,010	0,50	0,52	1,96
T6	Roçado	0,47 A	0,49	0,06	0,31	0,53	12,10
T7	Arado de Disco 2	0,51 A	0,51	0,008	0,50	0,52	1,60
T8	Enxada Rotativa	0,51 A	0,50	0,026	0,48	0,54	5,10
	Memória	0,51 A	0,51	0,010	0,50	0,52	1,96

1 – Aração em nível; 2 – Aração morro abaixo.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si no nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

Para a camada 0,20 - 0,40 m, os maiores coeficientes de variação foram encontrados para o tratamento Semeadura Direta (T4) e no solo da parcela Memória. Esta dispersão pode ser explicada pela maior ou menor presença de resíduos originários de restos de raízes nos

locais amostrados, visto que não houve a atuação de implementos na parcela memória e nem no tratamento sob Semeadura Direta nesta camada.

Os valores mínimos para este atributo nesta camada de  $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  foram encontrados nos tratamentos Grade Aradora (T1) e Semeadura Direta (T4), e, o valor máximo de  $0,52 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na parcela Memória. Na média, o tratamento Grade Aradora (T1), a porosidade total de  $0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  diferiu estatisticamente do tratamento Enxada Rotativa (T8) e da parcela Memória, onde ocorreram os maiores valores de porosidade total nesta camada (média =  $0,48 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

Para a camada 0,40-0,60 m, os maiores valores de CV % ocorreram nos tratamentos Semeadura Direta (T4) e Roçado (T6), atribuindo-se também esta dispersão à possível presença de resíduos originários de restos de raízes. O intervalo de valores deste atributo para esta camada se situa entre  $0,31 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0,58 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , sendo que o tratamento Roçado (T6) apresentou o menor valor e o solo da parcela sob Semeadura Direta (T4) o maior. O teste de médias entre tratamentos revelou não ocorrerem diferenças significativas entre tratamentos.

A Tabela 9 resume os resultados dos testes de médias entre Tratamentos para a três profundidades analisadas. Na camada de 0 - 0,20 m, as diferenças entre médias ocorrem entre os tratamentos Grade Aradora (T1) Semeadura direta (T4) em relação ao tratamento Enxada Rotativa (T8) e à parcela Memória. Os demais tratamentos não diferem estatisticamente entre si. O menor valor de porosidade total no tratamento Grade Aradora (T1) ocorrendo na camada superficial, onde há também maior densidade, pode estar relacionado com a profundidade de amostragem a 0,10 m, o que indica atuação muito superficial do implemento (grade aradora), compactando o solo logo abaixo da linha de corte. LUCARELLI (1997) trabalhando na mesma área, também encontrou camada compactada à profundidade entre 0,10 e 0,18 m, para este mesmo tratamento. Em relação ao tratamento Semeadura Direta (T4), a menor porosidade é explicada pelo fato da não mobilização do solo, onde o trânsito de máquinas nas operações de semeadura promove maior adensamento na camada amostrada. STONE e SILVEIRA (2001) também ressaltaram que a compactação superficial do solo sob sistema plantio direto é função principalmente do reduzido revolvimento do solo, da acomodação natural de partículas e do tráfego à superfície do solo. VIEIRA (1981), VIEIRA e MUZILLI (1984) e CORRÊA (1985) citam que o solo sob sistema plantio direto, na camada de 0,00-0,20 m, tem-se caracterizado por apresentar maior estabilidade estrutural, maior densidade do solo e menores valores de

porosidade total e de macroporosidade, em comparação com outros sistemas de preparo do solo.

Porosidade total maior no tratamento Enxada Rotativa (T8) era esperada pela grande mobilização e arejamento do solo promovido pela atuação do implemento na camada superficial. Resultados semelhantes foram obtidos no trabalho de CORSINI et al. (1986). Já na parcela Memória, a maior porosidade total pode estar relacionada com o acréscimo de material orgânico originário de restos vegetais, uma vez que esta área está em recomposição da vegetação natural, bem como não há qualquer tipo de trânsito há 16 anos. SEVERIANO e OLIVEIRA (2006) encontraram diferenças na porosidade e densidade do solo sob mata quando comparadas com áreas cultivadas. Para a camada 0,20 - 0,40 m as diferenças ocorrem apenas entre o tratamento Grade Aradora (T1) cuja porosidade total é significativamente inferior àquela registrada para o tratamento Enxada Rotativa (T8) e para a parcela Memória. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente

**Tabela 9** - Valores médios de porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ) em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003.

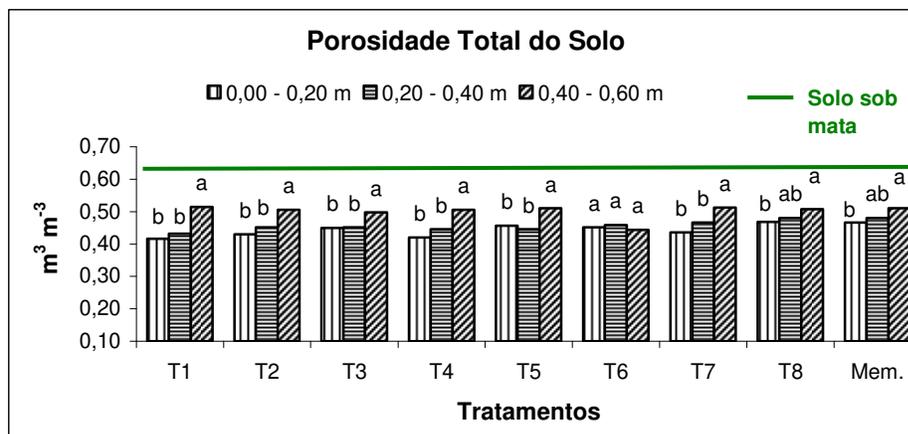
Parcela	Tratamento	Porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ )		
		Camadas (m)		
		0,00-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
T1	Grade Aradora	0,42 Bb	0,43 Bb	0,51 Aa
T2	Sistema Alternado	0,43 ABb	0,45 ABb	0,51 Aa
T3	Escarificador	0,45 ABb	0,45 ABb	0,50 Aa
T4	Semeadura Direta	0,42 Bb	0,45 ABb	0,51 Aa
T5	Arado de Disco 1	0,46 ABb	0,45 ABb	0,51 Aa
T6	Roçado	0,45 ABa	0,46 ABa	0,44 Aa
T7	Arado de Disco 2	0,44 ABb	0,47 ABb	0,51 Aa
T8	Enxada Rotativa	0,47 Ab	0,48 Aab	0,51 Aa
	Memória	0,47 Ab	0,48 Aab	0,51 Aa

1 – Aração em nível; 2 – Aração morro abaixo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade.

Não há diferenças significativas da porosidade total para os tratamentos avaliados, entre as camadas 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, sendo que a porosidade total da camada 0,40 - 0,60 m é significativamente superior à das demais camadas para os tratamentos analisados, excetuando-se o tratamento Roçado (T6).

No entanto, todos os tratamentos apresentaram porosidade total muito inferior à porosidade total caracterizada no solo sob mata (perfil 1245) cujos valores são de  $0,63 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0,66 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , respectivamente nas camadas  $0,00 - 0,35 \text{ m}$  e  $0,68 - 1,20 \text{ m}$  (Figura 8).



**Figura 8** - Valores médios de porosidade total ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003.

### 5.1.1.3. Macroporosidade

Os dados referentes à análise descritiva do atributo macroporosidade (Mac) nas parcelas experimentais e na parcela memória são apresentados na Tabela 10. Para este atributo, os coeficientes de variação (CV %) na camada  $0,00 - 0,20 \text{ m}$  indicam média variabilidade para os tratamentos, à exceção do Roçado (T6), que é baixa. Média variabilidade é indicativa de que as influências dos sistemas de preparo do solo na macroporosidade se manifestam com maior intensidade nesta camada, constatando-se valores crescentes do CV % na seqüência Enxada Rotativa (T8) < Arado de Disco (T5) < Alternado (T2) < Grade Aradora (T1) < Morro Abaixo (T7) < Escarificador (T3). Nesta camada, ambos os valores mínimo ( $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e máximo ( $0,14 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) de macroporosidade ocorreram no tratamento Alternado (T2). Porém, na média, o tratamento Grade Aradora (T1) deteve o menor valor de macroporosidade (Mac =  $0,06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), o qual diferiu estatisticamente dos tratamentos Escarificador (T3) (Mac =  $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), Arado de Disco (T5) (Mac =  $0,14 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e Enxada Rotativa (T8) (Mac =  $0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

Na camada de  $0,20 - 0,40 \text{ m}$ , o maior coeficiente de variação ocorreu na parcela Memória. Os valores mínimo (Mac =  $0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e máximo (Mac =  $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) para este atributo nesta camada também ocorreram no tratamento Alternado (T2). Na média, o valor

máximo para a macroporosidade ( $Mac = 0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) foi para a parcela Memória, o qual, entretanto, não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

**Tabela 10** - Estatística descritiva para os dados de macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003.

		Macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )					
		Camada 0,00-0,20 m					
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,06 B	0,07	0,02	0,03	0,08	33,30
T2	Sistema Alternado	0,10 AB	0,11	0,03	0,07	0,14	30,50
T3	Escarificador	0,12 A	0,11	0,05	0,08	0,21	40,60
T4	Semeadura Direta	0,10 AB	0,10	0,02	0,07	0,12	21,60
T5	Arado de Disco 1	0,14 A	0,15	0,03	0,10	0,17	22,60
T6	Roçado	0,11 AB	0,12	0,01	0,09	0,12	11,60
T7	Arado de Disco 2	0,11 AB	0,09	0,04	0,06	0,16	39,80
T8	Enxada Rotativa	0,13 A	0,13	0,02	0,10	0,15	19,90
	Memória	0,11 AB	0,10	0,01	0,10	0,13	12,10
		Camada 0,20-0,40 m					
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,09 A	0,09	0,01	0,07	0,11	16,10
T2	Sistema Alternado	0,11 A	0,11	0,02	0,09	0,15	22,30
T3	Escarificador	0,10 A	0,11	0,01	0,09	0,12	12,90
T4	Semeadura Direta	0,11 A	0,12	0,02	0,09	0,14	17,10
T5	Arado de Disco 1	0,09 A	0,09	0,01	0,08	0,10	11,10
T6	Roçado	0,10 A	0,09	0,03	0,07	0,14	28,10
T7	Arado de Disco 2	0,10 A	0,10	0,0	0,10	0,11	4,40
T8	Enxada Rotativa	0,12 A	0,12	0,02	0,10	0,14	14,40
	Memória	0,13 A	0,12	0,04	0,08	0,17	30,30
		Camada 0,40-0,60 m					
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,13A	0,13	0,02	0,10	0,17	18,70
T2	Sistema Alternado	0,12 A	0,11	0,03	0,11	0,17	21,00
T3	Escarificador	0,11 A	0,11	0,01	0,09	0,12	11,10
T4	Semeadura Direta	0,13 A	0,12	0,04	0,10	0,19	26,90
T5	Arado de Disco 1	0,13 A	0,12	0,01	0,12	0,15	10,20
T6	Roçado	0,10 A	0,10	0,03	0,06	0,14	30,90
T7	Arado de Disco 2	0,10 A	0,11	0,01	0,08	0,11	12,80
T8	Enxada Rotativa	0,12 A	0,12	0,01	0,11	0,14	10,70
	Memória	0,12 A	0,12	0,03	0,07	0,15	26,80

1 – Aração em nível; 2 – Aração morro abaixo.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

Na camada de 0,40 - 0,60m, o atributo macroporosidade teve seu coeficiente de variação (CV%) variando entre 10,7 (T5) e 30,9 (T6) (Tabela 8). Nesta camada, os valores mínimo (Mac = 0,06 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) e máximo (Mac = 0,14 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) foram encontrados no tratamento Roçado (T6). O maior valor médio de macroporosidade (Mac = 0,13m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>) ocorreu nos tratamentos Grade Aradora (T1), Semeadura Direta (T4) e Arado de Disco (T5), o qual, entretanto, não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados da análise de variância (Tabela 11) ressaltam as diferenças estatísticas significativas já comentadas entre os tratamentos e camadas analisadas para o atributo macroporosidade do solo do solo.

**Tabela 11-** Valores médios de macroporosidade (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003.

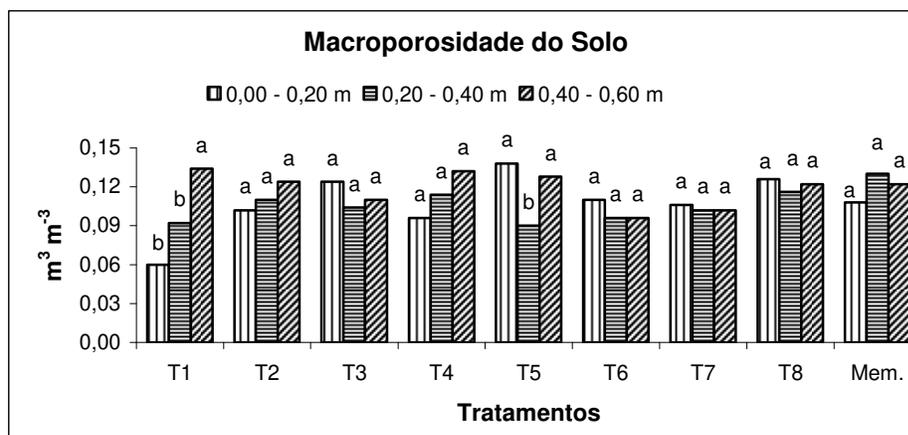
Parcela	Tratamento	Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
		Camadas (m)		
		0,00-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
T1	Grade Aradora	0,06 Bb	0,09 Ab	0,13Aa
T2	Sistema Alternado	0,10 ABa	0,11 Aa	0,12 Aa
T3	Escarificador	0,12 Aa	0,10 Aa	0,11 Aa
T4	Semeadura Direta	0,10 ABa	0,11 Aa	0,13 Aa
T5	Arado de Disco 1	0,14 Aa	0,09 Ab	0,13 Aa
T6	Roçado	0,11 ABa	0,10 Aa	0,10 Aa
T7	Arado de Disco 2	0,11 ABa	0,10 Aa	0,10 Aa
T8	Enxada Rotativa	0,13 Aa	0,12 Aa	0,12 Aa
	Memória	0,11 ABa	0,13 Aa	0,12 Aa

1 – Aração em nível: 2 – Aração morro abaixo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade.

Verifica-se que para todos os tratamentos, o volume de macroporos é inferior àquele considerado ideal, considerando a referência de KIEHL (1979), de que o volume de poros ou de vazios de um solo deve ser de 50%, sendo 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos. Para o tratamento Grade Aradora (T1), nas camadas 0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, o valor médio da macroporosidade está abaixo daquele indicado como porosidade mínima de aeração de P<sub>A</sub> = 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, conforme assinalado nos trabalhos de MEREDITH e PATRICK JR.,(1961); CINTRA et al.(1983); DEXTER, (1988); XU et al.(1992); TARDIEU (1994), que representa o limite crítico inferior a partir do qual o crescimento e desenvolvimento das plantas são

afetados. O mesmo fato ocorre com o tratamento Arado de Disco (T5) na camada 0,20 – 0,40 m.



**Figura 9** - Valores médios de macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ). Campinas (SP) Julho/2003.

Nas camadas 0,20 - 0,40 m e 0,40 - 0,60 m, a macroporosidade não difere estatisticamente entre os tratamentos. Em profundidade, somente os tratamentos Grade Aradora (T1) e Arado de Disco (T5) apresentaram diferenças significativas (Figura 9). Também neste caso, não se dispõe do valor da macroporosidade no solo sob mata para fins de comparação.

#### 5.1.1.4. Microporosidade

Os dados referentes à análise descritiva do atributo microporosidade do solo nas parcelas experimentais e na parcela memória na fase de pré-ensaio são apresentados na Tabela 12.

Na camada de 0 - 0,20 m os tratamentos Escarificador (T3) e Alternado (T2) detiveram os maiores valores de coeficiente de variação (CV %), quando comparados aos demais tratamentos. Os valores mínimo e máximo de microporosidade do solo, de  $0,31 m^3 m^{-3}$  e  $0,36 m^3 m^{-3}$ , foram encontrados no tratamento Alternado (T2). Porém, observa-se que, na média, o tratamento Grade Aradora (T1) e o solo da parcela Memória detém os maiores valores de microporosidade do solo (Mic =  $0,36 m^3 m^{-3}$ ), diferindo estatisticamente dos tratamentos Semeadura Direta (T4) e Arado de Disco (T5) (Mic =  $0,32 m^3 m^{-3}$ ). Os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas no nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na camada 0,20-0,40 m, o tratamento Arado Morro Abaixo (T7) deteve o maior coeficiente de variação. O valor mínimo para este atributo nesta camada de  $0,33 m^3 m^{-3}$  foi

encontrado no tratamento Alternado (T2) e o valor máximo de  $0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  nos tratamentos Alternado (T2) e Roçado (T6). O menor valor médio de microporosidade ( $\text{Mic} = 0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) ocorreu para o tratamento Semeadura Direta (T4), que se diferenciou significativamente do tratamento Roçado (T6), com  $0,36 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

Para a camada 0,40 - 0,60 m o atributo microporosidade teve seu coeficiente de variação (CV %) variando entre 2,30 (T5) a 9,10 (T6). Os tratamentos Roçado (T6) e Morro Abaixo (T7) apresentaram o valor máximo de microporosidade de  $0,39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , enquanto que o valor mínimo de  $0,31 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  no tratamento Roçado (T6). No entanto, os testes de media revelaram que não ocorreram diferenças significativas estatísticas significativas no nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey entre tratamentos.

Os resultados da análise de variância (Tabela 13) evidenciam que para a maioria dos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T8, Memória), as diferenças entre médias ocorreram apenas em relação à camada de 0,40 – 0,60 m, que apresenta os maiores valores de microporosidade. Para dois tratamentos, Arado de Disco em nível (T5) e Arado de Disco Morro Abaixo (T7), ocorrem diferenciações entre as três camadas analisadas e para o tratamento Roçado (T6) não foram caracterizadas diferenças significativas da microporosidade em profundidade no solo. O aumento em profundidade para todos os tratamentos (camada 0,40 - 0,60 m) pode estar relacionado ao fato de que o teor de argila também aumenta em profundidade.

A Figura 10 ilustra a variação da microporosidade do solo das parcelas experimentais. Os valores de microporosidade não podem ser comparados com a condição do solo sob mata em profundidade no solo, uma vez não se dispõem de dados acerca desse atributo.

De modo geral, para os atributos físicos analisados na área de estudo, a densidade foi maior na camada superficial nos sistemas mais conservacionistas, onde não houve revolvimento do solo, e abaixo da linha de corte dos implementos nos sistemas convencionais. A porosidade total apresentou-se maior dentro da faixa de atuação dos implementos nos sistemas mais convencionais.

Em termos comparativos, a qualidade do solo no que se refere à densidade do solo e à porosidade total, piorou em relação à condição do solo sob mata. O período de pousio e revegetação espontânea da parcela memória não foi suficiente para diferenciar a qualidade do solo dessa parcela em relação à qualidade do solo nas parcelas experimentais.

**Tabela 12-** Estatística descritiva para os dados de microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ), em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003.

Microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ )							
Camada 0,00-0,20 m							
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,36A	0,36	0,01	0,34	0,37	3,60
T2	Sistema Alternado	0,33AB	0,32	0,02	0,31	0,36	6,60
T3	Escarificador	0,33AB	0,34	0,03	0,28	0,34	7,90
T4	Semeadura Direta	0,32B	0,33	0,01	0,30	0,34	4,70
T5	Arado de Disco 1	0,32B	0,32	0,01	0,30	0,33	4,10
T6	Roçado	0,34AB	0,34	0,01	0,33	0,35	2,40
T7	Arado de Disco 2	0,33AB	0,33	0,02	0,31	0,36	5,40
T8	Enxada Rotativa	0,34AB	0,34	0,01	0,33	0,35	2,90
	Memória	0,36A	0,36	0,01	0,35	0,37	2,30
Camada 0,20-0,40 m							
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,34AB	0,34	0,01	0,33	0,35	2,50
T2	Sistema Alternado	0,34AB	0,35	0,01	0,33	0,35	3,20
T3	Escarificador	0,35AB	0,35	0,01	0,33	0,36	3,30
T4	Semeadura Direta	0,33B	0,33	0,01	0,32	0,35	3,40
T5	Arado de Disco 1	0,36AB	0,35	0,01	0,35	0,37	2,50
T6	Roçado	0,36A	0,37	0,01	0,34	0,37	3,60
T7	Arado de Disco 2	0,36AB	0,36	0,02	0,34	0,39	5,20
T8	Enxada Rotativa	0,36AB	0,37	0,01	0,34	0,37	3,90
	Memória	0,35AB	0,34	0,01	0,34	0,37	3,70
Camada 0,40-0,60 m							
Parcela	Tratamento	Média	Mediana	s	Min.	Máx.	CV (%)
T1	Grade Aradora	0,38A	0,38	0,02	0,37	0,41	4,30
T2	Sistema Alternado	0,38A	0,38	0,03	0,34	0,41	7,20
T3	Escarificador	0,39A	0,39	0,02	0,36	0,41	4,90
T4	Semeadura Direta	0,38A	0,38	0,02	0,35	0,39	4,45
T5	Arado de Disco 1	0,38A	0,39	0,01	0,37	0,39	2,30
T6	Roçado	0,37A	0,38	0,03	0,31	0,39	9,10
T7	Arado de Disco 2	0,41A	0,41	0,01	0,39	0,42	2,70
T8	Enxada Rotativa	0,39A	0,39	0,02	0,36	0,41	5,40
	Memória	0,39A	0,38	0,02	0,37	0,43	6,00

I – Aração em nível; 2 – Aração morro abaixo.

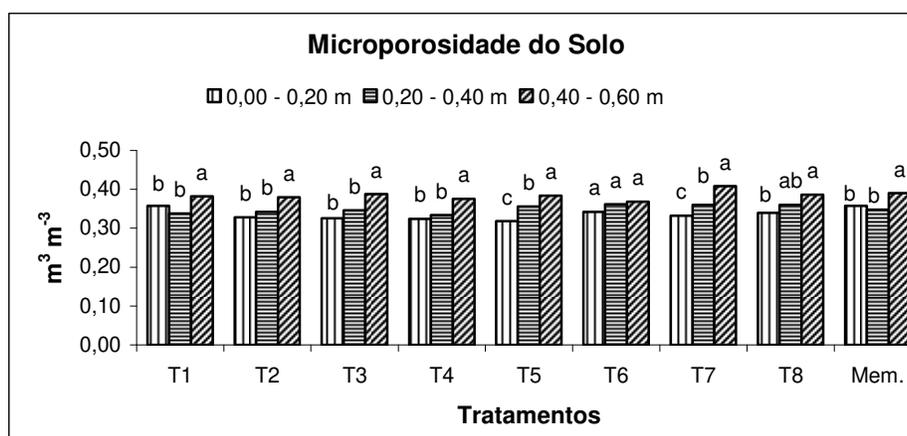
Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

**Tabela 13-** Valores médios de microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) em três camadas. Campinas (SP) – Julho/2003.

Parcela	Tratamento	Microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ )		
		Profundidade (m)		
		0,00-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
T1	Grade Aradora	0,36Ab	0,34ABb	0,38Aa
T2	Sistema Alternado	0,33ABb	0,34ABb	0,38Aa
T3	Escarificador	0,33ABb	0,35ABb	0,39Aa
T4	Semeadura Direta	0,32Bb	0,33Bb	0,38Aa
T5	Arado de Disco 1	0,32Bc	0,36ABb	0,38Aa
T6	Roçado	0,34ABa	0,36Aa	0,37Aa
T7	Arado de Disco 2	0,33ABc	0,36ABb	0,41Aa
T8	Enxada Rotativa	0,34ABb	0,36ABab	0,39Aa
	Memória	0,36Ab	0,35ABb	0,39Aa

1 – Aração em nível; 2 – Aração morro abaixo.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade.



**Figura 10 -** Valores médios de microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003.

### 5.1.2. Atributos químicos do solo

A Figura 11 ilustra a variação dos teores de matéria orgânica em profundidade no solo nos tratamentos analisados. Constata-se a ocorrência de menores valores de matéria orgânica no solo das parcelas sob sistemas convencionais (T2, T3, T5, T7 e T8). Este resultado é concordante com aqueles relatados por BAYER et al. (2003), que verificaram maior teor de carbono orgânico no solo cultivado no sistema de semeadura direta em comparação aos teores nos solos submetidos ao preparo convencional e ao preparo reduzido. Esses autores atribuíram

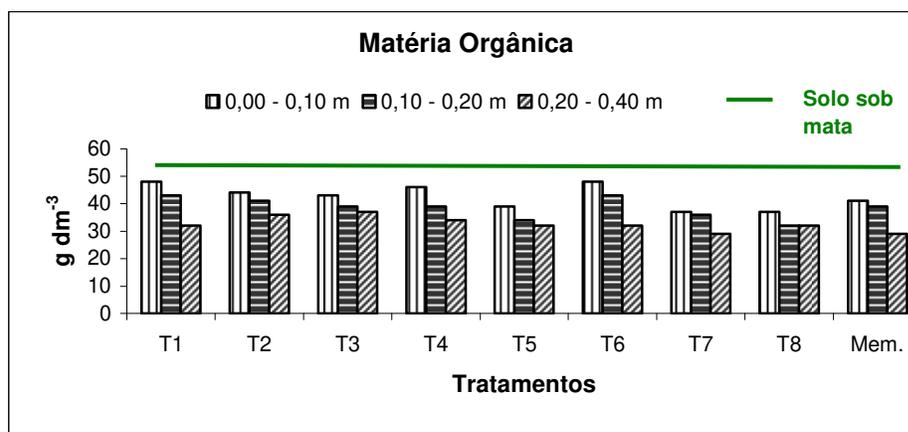
esses resultados ao ambiente menos oxidativo que ocorre na semeadura direta. Resultados semelhantes também foram relatados por diversos outros autores (DALAL e CHAN; 2001; FREIXO et al.; 2002; CASTRO FILHO et al., 2002).

Constata-se ainda, para todos os tratamentos, que o valor da matéria orgânica decresce em profundidade. BERTOL et al. (2004) concluíram que o teor de carbono orgânico no solo é maior sob semeadura direta e sob campo nativo do que no solo sob preparo convencional, especialmente na superfície do solo, diminuindo com a profundidade em todos os sistemas de manejo. Tal constatação de maior teor na camada superficial e redução em profundidade também foi verificada nos trabalhos de DE MARIA e CASTRO (1993) e SANTOS et al. (1995).

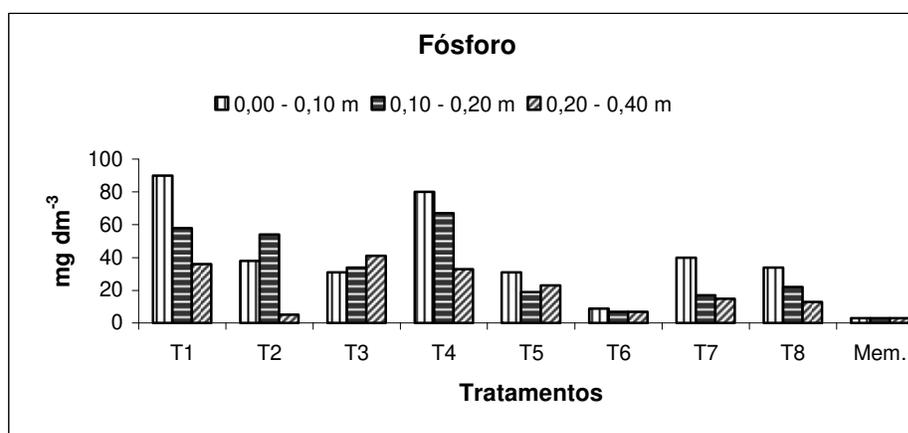
O menor valor médio de matéria orgânica na camada 0,00 – 0,20m, de  $34,5 \text{ g dm}^{-3}$ , ocorreu no solo do tratamento Enxada Rotativa (T8), seguido pelos tratamentos T5 (Arado de Disco em Nível) e T7 (Arado de Disco morro abaixo), com  $36,5 \text{ g dm}^{-3}$ . O maior valor médio de matéria orgânica, de  $45,5 \text{ g dm}^{-3}$ , ocorreu para os tratamentos T1 (Grade Aradora) e T6 (Roçado), seguido de perto pelos tratamentos T2 (Sistema Alternado) e T4 (Semeadura Direta), com  $42,5 \text{ g dm}^{-3}$ . No entanto, comparando esses valores com o valor médio de Carbono na camada de 0 - 0,20m do perfil de referência do mesmo solo sob mata tropical subcaducifólia (Anexo 1), igual a 2,96% e correspondente ao teor de matéria orgânica igual a  $51,03 \text{ g dm}^{-3}$ , constata-se a diminuição da matéria orgânica do solo em decorrência do uso agrícola em todos os tratamentos, estando abaixo cerca de 11 até 32% em relação ao teor no solo original sob mata. De acordo com KIEHL (1979), num sistema sob mata, a matéria orgânica está em equilíbrio e em nível mais alto, o qual cai após a ação antrópica, ficando em equilíbrio em um nível inferior, podendo melhorar pela adição de adubações orgânicas, restabelecendo um novo equilíbrio que permanece entre aqueles dois níveis, no caso do solo em questão.

Os teores de fósforo apresentaram comportamento semelhante aos teores de matéria orgânica, sendo que os solos das parcelas T1 (Grade Aradora) e T4 (Semeadura Direta) apresentaram os mais elevados teores médios na camada 0,0 – 0,20m. de cerca de  $74,0 \text{ mg dm}^{-3}$  (Figura 12). DE MARIA e CASTRO (1993) e FALLEIRO et al. (2003) relataram em seus estudos, a ocorrência de maiores teores de fósforo no solo sob sistema plantio direto quando comparado com o sistema convencional. Para os tratamentos Arado Morro Abaixo (T7) e Enxada Rotativa (T8), os baixos teores médios de fósforo, em torno de  $28 \text{ mg dm}^{-3}$ , podem estar

relacionados com maior mobilização e perda de solo registrada em ambos os tratamentos, de acordo com LUCARELLI (1997), que encontrou resultados semelhantes em seu trabalho na mesma área. Para o tratamento Roçado (T6), o baixo teor médio do nutriente fósforo, de  $8,0\text{mg dm}^{-3}$ , é explicado pelo fato de não ter havido aporte de fertilizantes durante o período do ensaio anterior, o mesmo ocorrendo com o solo da parcela Memória, cujo teor de fósforo, de  $3,0\text{mg dm}^{-3}$ , é ainda menor. No caso do fósforo, observa-se que o uso agrícola promoveu um incremento dos teores de fósforo no solo, comparativamente aos teores no solo sob vegetação natural de mata tropical subcaducifolia (anexo 1).



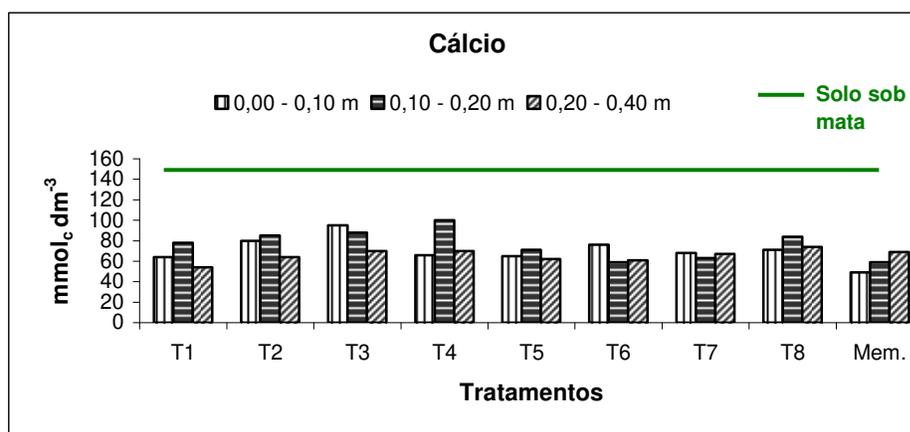
**Figura 11** – Teores de matéria orgânica - Campinas (SP) – Julho/2003.



**Figura 12** – Teores de fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003.

Para o cálcio, os valores médios na camada de 0,0 – 0,20m variaram entre  $54,0\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $91,5\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo que o valor mais elevado ocorreu para o tratamento Escarificador (T3), seguido pelos tratamentos Semeadura Direta (T4) e Sistema Alternado (S2),

com cerca de  $83,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na parcela Memória, o teor médio de cálcio de  $54,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , menor valor encontrado na área experimental, é coerente com o fato de que esta parcela foi mantida em pousio, sem adição de calcário ou de fertilizantes. FALLEIRO et al. (2003) e MERTEN e MIELNICZUK (1991) constataram maiores teores de cálcio para a camada 0,00 - 0,05m em áreas cultivadas sob plantio direto em comparação com áreas sob sistema convencional. Isto também foi observado neste trabalho, uma vez que o maior teor de cálcio da área experimental ocorreu na camada de 0,0 – 0,10m no tratamento Semeadura Direta (T4). No entanto, observando o teor de cálcio no solo sob mata tropical subcaducifólia (perfil 1245), de  $150 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , constata-se que todos os valores encontrados na área experimental são muito inferiores, apesar do manejo agrícola com calagem (Figura 13).

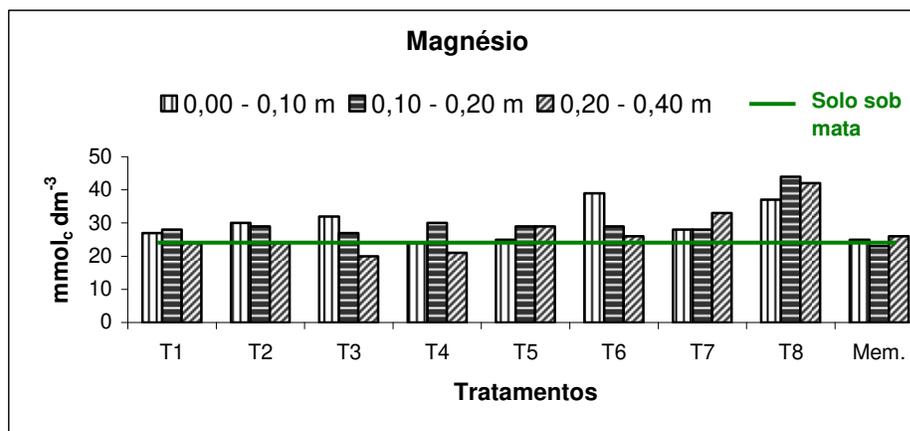


**Figura 13** – Teores de cálcio ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003.

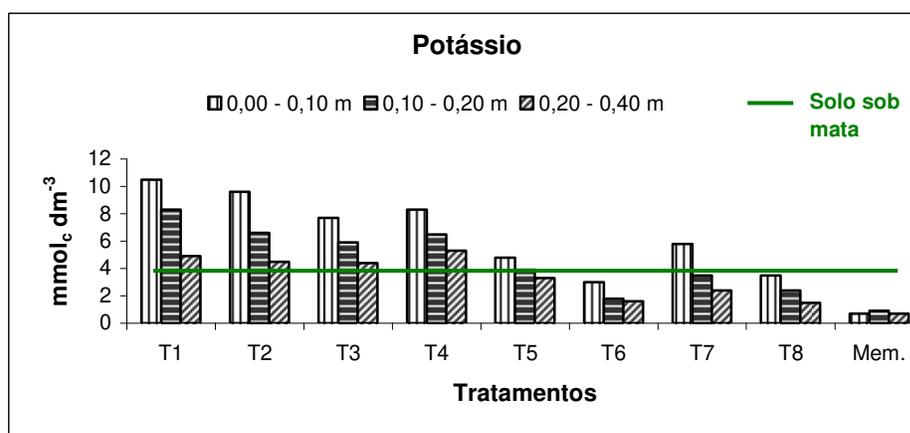
Os teores médios de magnésio no solo variaram entre  $24,70 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na parcela Memória, e  $41,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , no tratamento Enxada Rotativa (T8) (Figura 14). O teor de magnésio no solo sob mata tropical subcaducifólia, de  $24,80 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (OLIVEIRA e MENK, 1984) é similar ao do solo da parcela memória e inferior aos teores médios de todas as demais parcelas. A adubação e calagem do solo, visando a produção agrícola, deve ser o fator de diferenciação. O maior valor deste elemento no tratamento com enxada rotativa pode ser explicado pela melhor distribuição por incorporação pelo implemento, refletindo melhor estes valores por ocasião da amostragem.

Os teores médios de potássio no solo variaram entre  $0,80 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na parcela Memória, e  $7,90 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , no tratamento Grade Aradora (T1) (Figura 15). O teor de potássio no solo sob mata tropical subcaducifólia, de  $4,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (OLIVEIRA e MENK, 1984) é

similar ao do solo da parcela sob tratamento com Arado de Disco em Nível (T5) e inferior aos teores médios das parcelas T1 a T4 e superior aos valores médios das demais parcelas. Observa-se que os tratamentos com maior mobilização do solo apresentam teores mais baixos deste nutriente (T7 e T8). Já os tratamentos Roçado (T6) e Memória, não receberam aporte de fertilizantes.



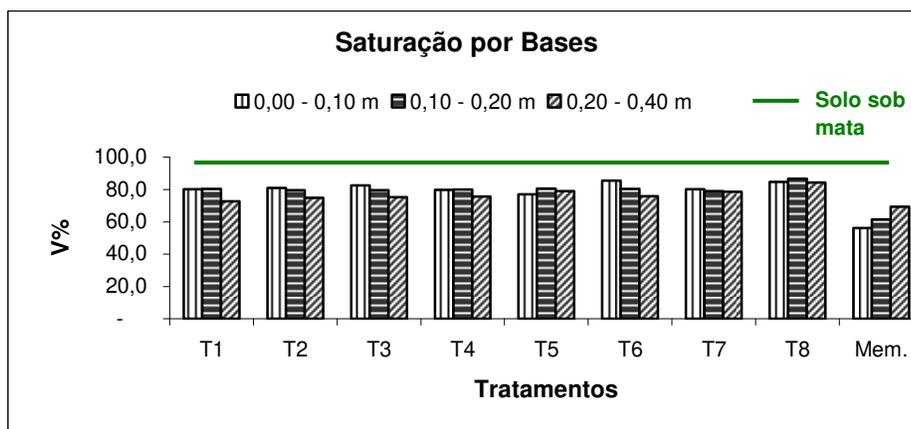
**Figura 14** - Teores de magnésio ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003.



**Figura 15** - Teores de potássio ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ). Campinas (SP) – Julho/2003.

Os valores médios da saturação por bases (V %) apresentaram-se mais uniforme entre os tratamentos (77,80 % e 85,20 %) (Figura 16). No entanto, os valores estiveram abaixo do valor de referência do solo sob mata tropical subcaducifólia que é de 94 % na camada de 0 - 0,35 m (OLIVEIRA e MENK, 1984). A manutenção dos resíduos de plantas sobre a superfície (SIDIRAS e PAVAN, 1985), proporciona melhores níveis de fertilidade, pela importância desse material nas reações físico-químicas do solo. Porém ressalta-se que os valores de V %

encontrados em todos os tratamentos estão abaixo do valor do solo sob mata, no entanto, o valor médio de V % nos tratamentos está mais próximo daqueles recomendados para as plantas cultivadas, segundo RAIJ et al. (2001). Observa-se ainda que todos os tratamentos estão com valores de V % superiores aos valores da parcela memória



**Figura 16** – Saturação por bases. Campinas (SP) – Julho/2003. Julho/2003.

Conclui-se que, para os atributos químicos analisados, os tratamentos considerados mais conservacionistas apresentaram maiores valores de matéria orgânica, fósforo, cálcio e potássio. O solo do tratamento Roçado (T6) e da parcela Memória, que não foi cultivado apresentou os menores valores de fósforo e potássio. A saturação por bases apresentou-se valores próximos entre todos os tratamentos analisados, abaixo do valor do solo original sob mata.

## 5.2. Avaliação do primeiro ano do ensaio atual (Safrá 2003-2004)

### 5.2.1. Caracterização física do solo das parcelas experimentais

O solo das parcelas experimentais, como já comentado anteriormente, apresenta granulometria argilosa e muito argilosa, sendo que os dados obtidos a partir de 15 amostras por parcela podem ser consultados no Apêndice 2. Novamente, pode-se observar a similaridade da granulometria em relação ao solo do perfil de referência sob mata (Anexo 1).

O valor do teste F e os coeficientes de variação (CV %) para os valores de densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) estão apresentados na Tabela 14. Nota-se que, para esses atributos, ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos e profundidades.

**Tabela 14** – Valores de F, coeficiente de variação (CV %) para densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Mac) e microporosidade (Mic) para o Latossolo Vermelho Distroférrico. Campinas - (SP).

Causa de variação	Ds (Kg. dm <sup>-3</sup> )	Mac (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Mic (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
Tratamento	0,0001**	0,0001**	0,7957 ns	0,0001**
Profundidade	0,098ns	0,0017*	0,0001**	0,0001**
Tratamento x prof.	0,34 ns	0,1268 ns	0,7596 ns	0,2481 ns
CV (%)	6,17	31,34	7,30	6,93

\*\* significativo a 1%; \* significativo a 5%; ns= não significativo;

Todos os atributos analisados apresentaram normalidade, em nível de probabilidade de 1 %, sendo que a Tabela 15 apresenta as estatísticas descritivas dos mesmos.

**Tabela 15-** Estatística descritiva dos atributos físicos do solo: Diâmetro médio ponderado; Porosidade total; Macroporosidade; Microporosidade em dois sistemas de preparo, nas duas camadas amostradas (0,00-0,20; 0,20-0,40). Campinas-(SP).

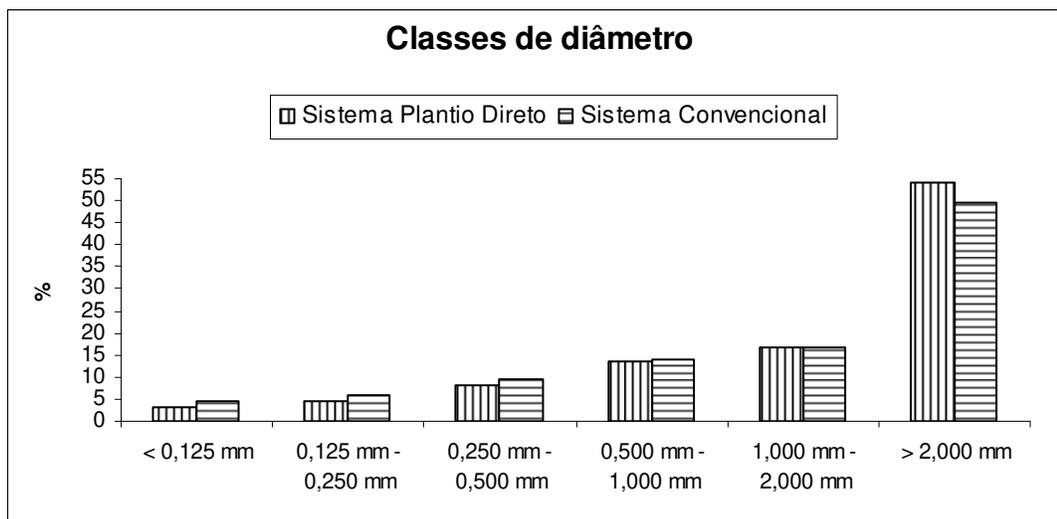
Camada 0,00-0,20 m												
Atributos	Média		Mediana		s		Min.		Máx.		CV (%)	
	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC
DMP (mm)	2,64	2,53	2,63	2,39	0,30	0,53	2,10	1,58	3,13	3,54	11,7	21,29
Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,49	0,52	0,49	0,52	0,03	0,04	0,43	0,42	0,59	0,65	6,13	8,49
Mac (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,11	0,14	0,10	0,13	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,30	28,34	36,33
Mic (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,39	0,38	0,39	0,39	0,02	0,02	0,34	0,27	0,43	0,45	5,35	7,40
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,35	1,29	1,35	1,30	0,07	0,09	1,18	1,03	1,54	1,49	5,19	7,52
Camada 0,20-0,40 m												
Atributos	Média		Mediana		s		Min.		Máx.		CV (%)	
	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC
Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,46	0,48	0,46	0,48	0,03	0,03	0,41	0,41	0,58	0,55	6,91	5,49
Mac (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,10	0,12	0,10	0,11	0,03	0,03	0,05	0,06	0,22	0,22	28,15	26,74
Mic (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,36	0,36	0,36	0,37	0,03	0,02	0,27	0,29	0,46	0,41	9,18	6,95
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,38	1,30	1,38	1,31	0,07	0,08	1,17	1,05	1,59	1,51	4,96	6,84

s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo

Ds, densidade do solo; Pt, porosidade total; Mic, microporosidade; Mac, macroporosidade e DMP, diâmetro médio ponderado.

Observando-se os coeficientes de variação, constata-se que a maioria dos atributos apresenta baixa variabilidade (CV < 12 %), com exceção dos atributos diâmetro médio ponderado (DMP) e macroporosidade (Mac), que apresentam média variabilidade (12 % < CV < 60 %). Já a Figura 17 apresenta a porcentagem de distribuição de agregados por classes de tamanho, sendo que o sistema plantio direto apresenta maior percentual nas classes de maior tamanho e o sistema convencional maior percentual nas classes de menor tamanho, quando da comparação dos dois sistemas.

Os valores de densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade nas parcelas e camadas estudadas compõem uma distribuição cuja média é menos que 1 % maior ou menor que a mediana, estando bem próximos um do outro, demonstrando distribuição simétrica para esses atributos.

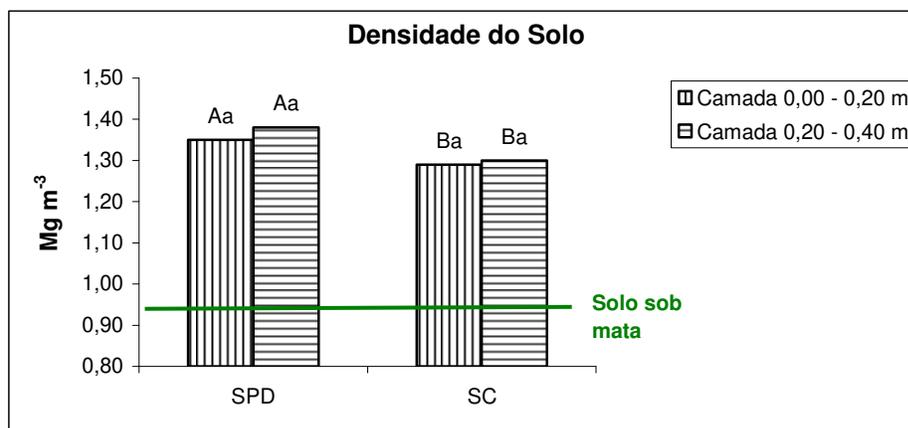


**Figura 17** – Distribuição dos agregados em classes de tamanho em dois sistemas de preparo, na camada 0,00 - 0,20 m – Campinas (SP).

### 5.2.1.1. Densidade do solo

Para o atributo densidade do solo ( $D_s$ ), observa-se baixa variabilidade nas duas profundidades analisadas para ambos os tratamentos, onde o valor mínimo da densidade do solo encontrado ocorreu no SC ( $D_s = 1,03 \text{ kg dm}^{-3}$ ) na camada 0 – 0,20m, demonstrando que os menores valores de  $D_s$  podem ser atribuídos ao revolvimento do solo e à incorporação dos resíduos culturais.

Os resultados da avaliação da  $D_s$  nas profundidades de 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m estão apresentados na Figura 18. Em ambas as camadas os sistemas de preparo proporcionaram modificações estatisticamente significativas na  $D_s$  ( $p < 0,05$ ). Resultados similares também foram constatados por outros autores ao compararem diferentes sistemas de preparo do solo (DE MARIA et al., 1999; STONE e SILVEIRA, 2001).



**Figura 18** - Valores da densidade do solo nos dois sistemas de preparo do solo para as camadas 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m.

Obs: letras minúsculas iguais não diferem entre si, na camada e no mesmo sistema de manejo, e letra maiúscula iguais não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma camada, e com 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação ao solo sob mata, ocorreu incremento na densidade do solo nas duas camadas, tanto no SC quanto no SPD. Isso demonstra que o uso do solo para fins agrícolas, independentemente do sistema de manejo utilizado, promove alterações nos atributos físicos. No caso do solo sob mata, a baixa densidade é explicada pelo tipo de solo, no caso o Latossolo Vermelho. Este é um tipo de solo homogêneo, argiloso e rico em óxidos de ferro, mas muito friável, devido à estrutura granular, fortemente desenvolvida. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por ISLAM e WEIL (2000), que constataram um valor médio da Ds significativamente maior em área cultivada comparada com solo sob floresta natural. Também SILVA e RIBEIRO (1992) obtiveram resultados similares, comparando solo cultivado com cana e sob mata nativa. Já foi constatado que a maior Ds nos solos cultivados está relacionada com a compactação do solo pelo tráfego de máquinas e implementos (CAVENAGE et al., 1999), ou com a redução dos teores de matéria orgânica (SILVA e KAY, 1997; DALAL e CHAN, 2001) ou com a menor estabilidade da estrutura do solo (HORN et al., 1995).

Nas duas camadas analisadas, o maior valor de densidade foi obtido no SPD, o que se deve principalmente ao reduzido revolvimento do solo, à acomodação natural de partículas e ao tráfego contínuo de máquinas e implementos na superfície do solo. No SC, ao contrário, os menores valores de Ds podem ser atribuídos ao revolvimento do solo e à incorporação dos resíduos culturais. Os resultados obtidos estão de acordo com aqueles relatados por

TORMENA et al. (1998); DE MARIA et al. (1999); BEUTLER et al. (2001); STONE e SILVEIRA (2001); BERTOL et al. (2004), os quais verificaram que os valores de densidade do solo foram superiores no sistema plantio direto em relação ao sistema convencional. O aumento da densidade do solo no SPD pode ter ocorrido às expensas dos poros de maior diâmetro. MEROTTO JR. e MUNDSTOCK (1999) e STONE et al. (2002) relatam que com a compactação, ocorrem reduções significativas, principalmente no volume de macroporos, enquanto que os microporos permanecem praticamente inalterados.

Quanto às profundidades, não foi verificada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as camadas de 0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m dentro de cada sistema analisado (Figura 17). Estes resultados podem estar associados à escarificação aplicada ao solo antes do início do experimento, de modo que os efeitos dos tratamentos na compactação do solo ficaram restritos à camada subsuperficial (maior valor de  $D_s$ ), sem diferir, no entanto, da camada superficial.

#### **5.2.1.2. Porosidade total, macroporosidade , microporosidade do solo**

Os resultados da análise de variância (Tabela 16) mostram haver diferenças significativas entre os tratamentos para Pt e Mac, sendo que a Mac e a Pt são menores no SPD. O atributo Mic não apresentou diferenças significativas entre tratamentos. Para os atributos Mac, Mic e Pt foram observadas diferenças significativas entre profundidades nos dois tratamentos. De acordo com os dados obtidos, já no primeiro ano após implantação, o SPD demonstrou alterações significativas na Pt e Mac, quando comparado com o SC.

BERTOL et al. (2004), constataram que sistemas com menor mobilização do solo, além de reduzir a porosidade total mudam a distribuição do tamanho dos poros, com redução dos poros de maior tamanho. A utilização de grade aradora com mobilização do solo no SC, pode ter proporcionado maiores valores de Mac e Pt em comparação com SPD. STONE & SILVEIRA (2001), observaram que os maiores valores de Mac obtidos no SC comparados com SPD são devidos, provavelmente, à persistência dos efeitos da mobilização do solo no SC, que resulta em fraturamento dos agregados e no desenvolvimento de poros, notadamente macroporos e à ausência de revolvimento do solo no SPD. Resultados semelhantes foram encontrados por STRECK et al. (2004) que observaram redução da macroporosidade, influenciada pelo tráfego de máquinas agrícolas.

**Tabela 16** - Valores médios de macroporosidade, microporosidade e porosidade total, em duas camadas do solo sob dois sistemas de manejo agrícola. Campinas (SP).

Manejo	Camadas (m)	
	0,00 - 0,20	0,20 - 0,40
	Macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	
SPD	0,11 Ba	0,10 Ba
SC	0,14 Aa	0,12 Ab
	Microporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	
SPD	0,39 Aa	0,36 Ab
SC	0,38 Aa	0,36 Ab
	Porosidade Total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	
SPD	0,49 Ba	0,46 Bb
SC	0,52 Aa	0,48 Ab
	0,00 - 0,35	
Mata	0,63	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade.

A macroporosidade ou porosidade de aeração é uma medida diretamente relacionada com a difusão de oxigênio no solo para as raízes (GRABLE e SIEMER,1968). Conforme assinalado nos trabalhos de MEREDITH e PATRICK JR. (1961), CINTRA et al.(1983), DEXTER (1988), XU et al.(1992) e TARDIEU (1994), o valor de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de porosidade de aeração representa o limite crítico inferior, a partir do qual o crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados. Utilizando o critério estabelecido por THOMASSON (1978) e os valores médios de macroporosidade obtidos neste estudo, constatou-se que a capacidade de aeração do solo na área cultivada (sob SC e SPD) é classificada como adequada, porém está bem próxima ao limite mínimo exigido pelas plantas. Porém, o mesmo autor salienta que valores adequados de capacidade de aeração são dependentes das condições climáticas e devem ser ampliados sob condições mais úmidas.

Em relação ao solo sob mata, cuja porosidade total é superior a  $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  houve um decréscimo da porosidade total em todas as camadas, tanto no SC quanto no SPD (Tabela 16). Resultados similares, em solo cultivado com cana-de-açúcar, foram obtidos por SILVA e RIBEIRO (1992). A drástica redução da macroporosidade nos solos cultivados decorre do aumento da compactação do solo, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo (BORGES et al., 1999; KAY e ANGERS, 1999).

Os valores de microporosidade não diferiram estatisticamente entre os sistemas de manejo, mas diminuíram significativamente entre as camadas do solo nos dois sistemas de manejo (Tabela 16). Este comportamento corrobora com as constatações de SILVA e KAY (1997) de que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela granulometria e pelo teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo decorrente do tráfego de máquinas e implementos, o que justifica a similaridade de Mic entre os tratamentos.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 16, na profundidade 0,20 - 0,40 m, os valores médios de Pt e Mac apresentaram o mesmo comportamento da camada superior. Também não foi constatada diferença significativa para a variável Mic.

### 5.2.1.3. Diâmetro médio ponderado

O diâmetro médio ponderado não apresentou diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 17). No entanto, a média do sistema convencional foi elevada para este atributo devido ao DMP da parcela 6, área esta mantida anteriormente sob roçado, sugerindo possível efeito residual do uso anterior apesar da escarificação efetuada.

**Tabela 17** - Valores médios de diâmetro médio ponderado, na camada de 0 - 0,20 m e em dois sistemas de manejo agrícola. Campinas (SP).

Diâmetro médio ponderado (mm)	
	Camada (m)
Preparo	0,00 - 0,20
SPD	2,64 A
SC	2,49 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esta constatação pode também ser observada na Tabela 18, onde está apresentado o percentual de agregados dentro de cada classe de diâmetro, onde na parcela sob número 6 verifica-se o maior percentual de agregados dentro da classe acima de 2,00 mm. LUCARELLI (1997), que trabalhou na mesma área, constatou para a camada 0,00 – 0,20 m que a média do DMP dos agregados provenientes dos tratamentos com menor mobilização do solo foi superior do que a média daqueles com maior mobilização, o que está de acordo com ROS et al. (1997).

**Tabela 18** – Percentual de agregados por classes de diâmetro, na camada de 0,00 - 0,20 m nos dois sistemas de manejo agrícola. Campinas (SP).

Classes de diâmetro	Sistema Plantio Direto				Sistema Convencional			
	1	2	3	4	5	6	7	8
	% agregados							
< 0,125 mm	3,36	3,62	2,06	3,69	4,08	1,92	6,30	5,23
0,125 - 0,250 mm	4,50	5,61	3,43	5,22	5,91	1,95	9,03	6,41
0,250 - 0,500 mm	7,45	9,81	6,02	8,75	10,07	3,62	13,57	10,49
0,500 - 1,000 mm	12,68	14,71	11,14	15,09	16,34	6,13	17,48	16,13
1,000 - 2,000 mm	17,60	16,35	15,24	17,87	19,58	10,63	16,92	19,18
> 2,000 mm	54,41	49,89	62,11	49,37	44,02	75,75	36,70	42,55

Os dados obtidos para este atributo, embora as diferenças não sejam significativas, caminham em direção àqueles obtidos por CAMPOS et al. (1995), onde o DMP no solo sob sistema plantio direto foi duas vezes maior do que o sistema convencional, após sete anos de cultivo. Outros autores como TAVARES FILHO et al. (2001), também constataram melhorias na agregação do solo quando submetido à sementeira direta. Já os resultados obtidos por CRUZ et al. (2003) indicaram não haver melhorias significativas na agregação do solo após três anos sob sementeira direta em relação aos sistemas convencionais. No entanto, quando a comparação é feita dentro de cada classe de diâmetro (Tabela 19), observa-se maior percentual de agregados no sistema convencional nas classes de menor diâmetro sendo somente significativa para a classe de diâmetros menores do que 0,125 mm.

**Tabela 19** - Percentual médio de agregados nas classes de diâmetro nos dois sistemas de preparo, na camada 0,00 - 0,20 m – Campinas (SP).

Classes de diâmetro médio ponderado	Sistema de Preparo	
	SPD	SC
	%	
< 0,125 mm	3,18 B	4,38 A
0,125 - 0,250 mm	4,69 A	5,83 A
0,250 - 0,500 mm	8,01 A	9,44 A
0,500 - 1,000mm	13,41 A	14,02 A
1,000 - 2,000 mm	16,77 A	16,58 A
> 2,000mm	53,94 A	49,76 A

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto ao tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para agregados com diâmetros superiores a 1,00 mm, os maiores percentuais ocorrem no solo sob sistema plantio direto, no entanto, as diferenças não são significativas. Estes resultados são similares àqueles obtidos por BEUTLER et al. (2001a).

### 5.2.1.4. Caracterização da água do solo

Na Tabela 20 são apresentados os resultados de conteúdo de água retido no solo sob diferentes tensões, nos dois sistemas de manejo e nas duas camadas analisadas. Observa-se que a água retida no solo após a pressão de 6kPa, que corresponde à água retida nos microporos, apresentou diferenças estatísticas em profundidade no solo, entre as duas camadas, mas não entre tratamentos, sendo mais elevada na camada superficial nos dois sistemas. Com relação à umidade do solo na “capacidade de campo” (CC), ou volume de água retido no solo após a pressão de 33 kPa, não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos, bem como entre as camadas, o mesmo sendo observado em relação à umidade do solo no “ponto de murcha permanente” (PMP), correspondente à pressão de 1.500 kPa.

**Tabela 20-** Retenção de água do Latossolo Vermelho em duas camadas, sob sistema plantio direto (SPD) e sob sistema convencional (SC).

Tensão kPa	Umidade Volumétrica (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )							
	Camada 0 - 0,20 m				Camada 0,20 - 0,40 m			
	6	33	100	1.500	6	33	100	1.500
SPD	0,40 Aa	0,35 Aa	0,33 Aa	0,28 Aa	0,36 Ab	0,33Aa	0,30 Aa	0,26 Aa
SC	0,38 Aa	0,33Aa	0,30 Aa	0,26 Aa	0,35 Ab	0,31Aa	0,29 Aa	0,25 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na tabela 21, é apresentada a capacidade de água disponível para as duas camadas. A capacidade de água disponível (CAD) no solo está relacionada com poros pequenos (microporos), de forma que se pode relacionar a CAD do solo com ocorrência de microporos.

**Tabela 21-** Capacidade de água disponível (CAD) e as relações CC/Pt e CAD/Pt. em Latossolo Vermelho Distroférico típico em duas camadas, sob diferentes sistemas de manejo.

SISTEMA	Profundidade 0 - 0,20 m			Profundidade 0,20 - 0,40 m		
	CAD (mm)	CC/Pt	CAD/Pt	CAD (mm)	CC/Pt	CAD/Pt
SPD	14,83	0,71	30,27	12,41	0,72	26,98
SC	13,06	0,63	25,12	13,07	0,65	27,23

Muitos trabalhos têm evidenciado que o conteúdo de água no solo sob plantio direto é maior do que em áreas cultivadas com preparo convencional. Para SKOPP et al. (1990), a relação capacidade de campo sobre porosidade total (CC/Pt) ideal é de 0,66 para que ocorra

uma boa atividade microbiana, capaz de mineralizar os restos culturais e disponibilizar nitrogênio para as plantas. No SC, em ambas as camadas analisadas ocorreram valores próximos ao ideal, embora um pouco mais baixos, indicativos de boa relação para conteúdo de água na CC. No SPD, em ambas as camadas, os valores também estão próximos ao ideal, mas um pouco acima, ainda indicando boa relação de água na CC, o que condiciona melhor retenção de água, condição física favorável principalmente para veranicos.

Em geral, em relação aos atributos físicos, os resultados indicam que a Pt e a Mac foram mais sensíveis que a Ds e a Mic aos efeitos de tratamentos. Para o DMP, a média do sistema convencional foi influenciada pelos valores da parcela 6, que no ensaio anterior foi mantida com gramínea, introduzindo grande variabilidade aos dados, o que provavelmente fez com que a diferença entre os tratamentos não fosse significativa. A tendência de influência dos tratamentos foi demonstrada na classe de agregados de menor diâmetro. Os resultados também indicam que o manejo teve pouca influência sobre a dinâmica da água.

### **5.2.2. Caracterização da fertilidade do solo nas parcelas experimentais no Ensaio Atual (Safrá 2003/2004)**

A Tabela 22 relaciona os resultados da estatística descritiva da fertilidade do solo. Observando os coeficientes de variação no solo (Tabela 22), constata-se que o pH, cálcio e saturação por bases apresentam baixa variabilidade ( $CV < 12\%$ ), enquanto a matéria orgânica, magnésio, potássio e fósforo apresentaram média variabilidade ( $12\% < CV < 60\%$ ), segundo o critério apresentado por WARRICK e NIELSEN (1980).

O pH apresentou baixo coeficiente de variação nos dois sistemas de manejo, com valores mínimos e máximos de 5,50 e 5,90 no SPD, e, de 5,00 e 6,50 no SC. O cálcio apresentou baixo coeficiente de variação no SPD, com valores mínimo e máximo de  $45 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $62 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, e, médio no SC, com mínimo e máximo de  $36 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $59 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, indicando maior amplitude neste sistema. O magnésio, com valores mínimo e máximo de  $17 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, apresentou baixo coeficiente de variação no SPD, enquanto que no SC apresentou médio coeficiente de variação com valores mínimo e máximo de  $13 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $28 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente, também indicando maior amplitude neste sistema. Observou média variabilidade nos dois sistemas para potássio, com valores mínimos e máximos de  $5,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $7,10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , no SPD, e de  $2,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $4,80 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no SC, respectivamente; fósforo com valores mínimos e

máximos de 6,00 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 98,00 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no SPD, e de 11 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 43 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no SC, respectivamente, onde foram observadas as maiores amplitudes; e, matéria orgânica com valores mínimos e máximos de 31 g dm<sup>-3</sup> e 47 g dm<sup>-3</sup> no SPD, e de 28g dm<sup>-3</sup> e 48 g dm<sup>-3</sup> no SC, respectivamente. A saturação por bases mostrou com baixa variabilidade com valores mínimos e máximos de 69,42% e 81,75%no SPD, e de 65,07%e 88,44% no SC, respectivamente.

**Tabela 22** - Estatística descritiva dos atributos químicos do solo: pH; cálcio; magnésio; potássio, fósforo; M.O; e saturação por base, na camada de 0 – 0,20 m em dois sistemas de manejo agrícola.- Campinas (SP).

Atributo	Unidade	Média		Desvio pad		Máximo		Mínimo		CV (%)	
		SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC
pH	CaCl <sub>2</sub>	5,60	5,50	0,12	0,44	5,90	6,50	5,50	5,00	2,19	8,05
Cálcio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	52,08A	46,33B	5,24	7,66	62,0	59,00	45,00	36,00	10,07	16,54
Magnésio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	18,75A	17,91A	1,13	5,01	20,0	28,00	17,00	13,00	6,07	28,00
Potássio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,00A	3,25B	0,72	0,80	7,10	4,80	5,00	2,00	12,14	24,70
Fósforo	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	66,16A	24,75A	27,83	11,25	98,00	43,00	6,00	11,00	42,06	45,49
M.O.	g dm <sup>-3</sup>	37,49A	35,58A	5,32	6,06	47,00	48,00	31,00	28,00	14,18	17,05
V%		75,75A	73,53A	3,59	7,72	81,75	88,44	69,42	65,07	4,75	10,51

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

Ao comparar os dois tratamentos, verifica-se que os valores médios dos atributos avaliados são mais elevados no solo sob sistema plantio direto em relação ao sistema convencional, sendo que os resultados da análise de variância dos atributos de fertilidade do solo evidenciam diferenças significativas entre os tratamentos somente para cálcio e potássio. Embora o teor médio de fósforo no solo sob SPD seja 267% maior do que o teor médio do elemento no solo sob SC, o teste de médias não indica que essa diferença seja significativa, possivelmente devido aos elevados coeficientes de variação, acima de 40%. De acordo com Tomé Jr para culturas anuais, teor de fósforo (resina) entre 41 mg dm<sup>-3</sup> e 80 mg dm<sup>-3</sup> é classificado como sendo alto (caso do solo sob SPD) e, diferentemente, teor de fósforo (resina) entre 16 mg dm<sup>-3</sup> e 40 mg dm<sup>-3</sup> é considerado médio (caso do solo sob SC). Todos os valores dos atributos analisados estão abaixo dos valores encontrados para estes mesmos atributos no solo sob mata tropical subcaducifólia (OLIVEIRA e MENK, 1984).

### 5.2.3. Caracterização das perdas de terra por erosão nas parcelas experimentais

A Tabela 23 apresenta as perdas de terras ocorridas durante a safra em estudo, onde se observa que as perdas no SC foram maiores em todos os períodos. Verificou-se que no SPD,

inicialmente as perdas são maiores, diminuindo nos períodos subseqüentes, à medida que a cultura apresenta maior percentual de cobertura do solo.

**Tabela 23** – Perdas de Terras nas Parcelas Experimentais e Precipitação – safra 2003/2004, Campinas - SP.

Período	Número de dias de chuva	Precipitação acumulada no período mm	Perdas de terra		Relação de perdas de terra SPD / SC %
			SPD	SC	
			kg ha <sup>-1</sup>		
05/11/03 a 05/12/03	18	274,00	159,36	204,34	78
05/12/03 a 05/01/04	20	158,60	123,87	1.525,03	8
05/01/04 a 05/02/04	15	280,30	84,85	152,43	56
05/02/04 a 08/03/04	13	165,50	16,90	37,75	45
Total acumulado	66	878,40	384,98	1.919,55	20

Neste estudo, as maiores perdas de terras no SPD ocorreram também nos períodos de maior precipitação. Já no SC, constatou-se no segundo período um valor muito alto de perdas de terras, o qual não foi o de maior precipitação (Figura 19). Este fato pode ser explicado em decorrência de saturação do solo, pelas chuvas do período anterior, o que não permitiu a infiltração das águas pluviais, aumentando o escoamento superficial e conseqüentemente maior erosão. A parcela que apresentou o maior valor de perdas de terras, foi a de número 7, a qual no cultivo anterior sempre foi preparada com arado de disco morro abaixo.

Na Tabela 24 está apresentada a estatística descritiva das perdas de terra observadas durante o período de novembro de 2003 a março de 2004 na área experimental. Os resultados destas análises demonstram que, a despeito das perdas de terra serem maiores no SC em relação ao SPD, as diferenças entre tratamentos não são significativas. Os elevados coeficientes de variação dos dados obtidos podem ser a explicação para a não significância. Autores como ALVES et al. (1995); BERTOL et al. (1987); DENARDIN e KOCHLANN (2003); LOMBARDI NETO et al. (1988); LOPES et al (1987); NUNES FILHO et al. (1987) e SIDIRAS et al. (1984), relatam a importância da mínima perturbação do solo para a produção agrícola e da manutenção da cobertura vegetal sobre o solo como fatores de proteção contra a erosão, fatores que estatisticamente não puderam ser comprovados no presente trabalho, embora a adoção da prática conservacionista reduziu as perdas de solo em 80 % quando comparado com as perdas observadas no sistema convencional. LUCARELLI (1997)

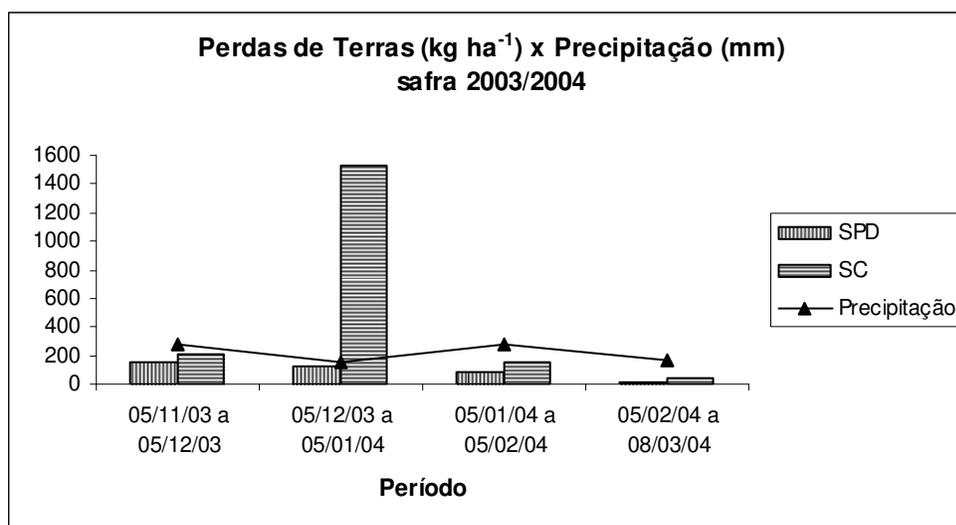
trabalhando na mesma área, também encontrou resultados em que as perdas de terra por erosão foram menores nos sistemas conservacionistas.

**Tabela 24** – Perdas de Terras nas Parcelas Experimentais – safra 2003/2004, Campinas - SP.

Preparo	Perda de terra (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				
	Média	S	Máx	Min	Cv (%)
<b>SPD</b>	0,53 A	0,21	0,83	0,36	40,05
<b>SC</b>	2,63 A	0,24	5,65	0,44	93,15

s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo

Constam da literatura citações de diversos autores que relataram reduções superiores a 99% (SEGANFREDO et al.,1997); BENATTI et al (1977), para uma declividade 6,3% encontraram redução em 59%: SCHICK et al. (2000) que constataram redução de 68%; DE MARIA (1999), que observou uma redução de 75 %; ELTZ et al. (1984) que constataram uma redução de 69,30 %.



**Figura 19** - Perdas de terras parcelas experimentais FEAGRI/UNICAMP – Safra 2003/2004.

Esta redução sob sistema plantio direto se deve ao fato de que esse sistema propicia um amortecimento das gotas de chuva, com conseqüente diminuição do desprendimento das partículas de solo e da velocidade do escoamento e transporte do material erodido. Autores como AMADO et al. (1989), CARVALHO et al. (1990), CASSOL et al. (1989), COGO et al. (2003), MARGOLIS et al. (1980), UHDE et al. (1986), já relataram a importância da

manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo para garantir a sua proteção contra erosão hídrica.

No SC umas das parcelas que compõe este tratamento, que no ensaio anterior era o tratamento Roçado (T6) e que se manteve permanentemente coberta por gramíneas, apresentou os menores valores de perdas, o que pode ser explicado pelo melhor estado de agregação proporcionado pelas raízes das gramíneas (DECHEN et al., 1981; FARIA et al., 1998).

### **5.2.3.1. Perdas de matéria orgânica e de nutrientes no material erodido**

A Tabela 25 relaciona os resultados da estatística descritiva dos teores de matéria orgânica e de nutrientes no material erodido. Observando-se os coeficientes de variação no material erodido, constata-se que o pH, cálcio, matéria orgânica e saturação por bases apresentam em média, baixa variabilidade ( $CV < 12\%$ ). Já o magnésio, potássio e fósforo apresentaram média variabilidade ( $12\% < CV < 60\%$ ) segundo o critério apresentado por WARRICK e NIELSEN (1980).

Para o pH os valores mínimo e máximo foram respectivamente 6,30 e 7,10, o que indica pouca influência dos tratamentos para este atributo. O cálcio apresentou um mínimo de  $65,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e um máximo de  $97,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , demonstrando também a pouca influência dos tratamentos. Embora um pouco maior, porém baixa, foi a influência dos tratamentos para o atributo matéria orgânica com um mínimo de  $32,00 \text{ g dm}^{-3}$  e um máximo de  $65,40 \text{ g dm}^{-3}$ . Para o atributo potássio não houve variação entre o mínimo e máximo no sistema plantio direto e este apresentou média variabilidade dentro do sistema convencional, com um mínimo de  $2,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e um máximo de  $3,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O magnésio com um mínimo de  $10,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e um máximo de  $20,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  demonstrou maior influência pelos tratamentos, e, o atributo mais afetado pelos tratamentos foi o fósforo com um mínimo de  $10,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e um máximo de  $97,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O atributo menos influenciado pelos tratamentos foi a saturação por bases, com um mínimo de V % igual 84,20 e um máximo igual 92,70.

**Tabela 25** - Estatística descritiva dos atributos químicos do material erodido: pH; cálcio; magnésio; potássio, fósforo; M.O; e saturação por base, na camada de 0 – 0,20 m em dois sistemas de manejo agrícola.- Campinas (SP).

Atributo	Unidade	Média		s		Máximo		Mínimo		CV (%)	
		SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC	SPD	SC
pH	CaCl <sub>2</sub>	6,81	6,74	0,16	0,18	7,10	7,00	6,50	6,30	2,37	2,81
Cálcio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	76,25A	79,25A	6,15	8,76	89,00	97,00	67,00	65,00	8,02	11,06
Magnésio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	12,37A	15,50B	1,67	2,33	15,00	20,00	10,00	11,00	13,48	15,08
Potássio	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,00A	2,50B	0,00	0,51	3,00	3,00	3,00	2,00	0,00	20,65
Fósforo	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	56,00A	47,18A	14,51	31,30	89,00	97,00	41,00	10,00	25,92	66,33
M.O.	g dm <sup>-3</sup>	37,79A	47,04B	4,52	7,35	44,80	65,40	31,00	37,90	11,95	15,62
V %		89,59A	88,58A	1,43	2,51	92,40	92,70	87,70	84,20	1,60	2,84

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

Os resultados da análise de variância dos teores dos atributos de fertilidade no material erodido mostram haver diferenças significativas entre os tratamentos para matéria orgânica, magnésio e potássio. Constata-se que para matéria orgânica e magnésio, o material erodido originário do sistema convencional apresentou maiores teores destes atributos em comparação ao material erodido originário do sistema plantio direto, e, o inverso ocorreu para o potássio.

Na Tabela 26 são apresentados os teores de matéria orgânica e de nutrientes no solo, no material erodido e a relação entre teor no material erodido/teor no solo. O SC apresentou teor mais elevado de matéria orgânica no material erodido quando comparado com SPD. Quando é feita a comparação entre o material erodido dos dois tratamentos constata-se que esta diferença é significativa. Todos os valores dos atributos analisados no material erodido estão abaixo dos valores descritos para estes mesmos atributos no solo sob mata tropical subcaducifólia (OLIVEIRA e MENK, 1984).

Para o teor de fósforo tem-se na comparação entre solo e material erodido que no SC o maior teor do nutriente é encontrado no material erodido, e no SPD o maior teor está no solo. Para este atributo, as diferenças entre os teores de nutriente no solo entre os dois tratamentos não é significativa. O teor de cálcio no material erodido dos dois tratamentos não apresentou diferenças significativas, no entanto, tem-se que no SC o material erodido é mais rico neste nutriente quando comparado ao material erodido do SPD. Os teores de magnésio e potássio são menores no material erodido nos dois tratamentos. Quando se compara a composição do material erodido dos dois tratamentos, verificam-se diferenças significativas para estes dois nutrientes. O magnésio é maior no material erodido originário do SC, no entanto a diferença

não é significativa, Os teores de potássio diferem estatisticamente sendo maior no material erodido do SPD. Constataram-se maiores valores de V% no material erodido em relação ao solo nos dois sistemas, o que indica enriquecimento no material erodido, embora esta diferença não seja significativa.

GUADAGNIN et al. (2005) e BERTOL et al. (2004) observaram que o material resultante da erosão, ou seja, água e solo possuem grande concentração de nutrientes. Para os atributos analisados, observa-se que o material erodido do sistema convencional apresenta maiores teores de nutrientes do que o solo de onde se originaram, à exceção do magnésio e do potássio. VIEIRA (1978) constatou que em tratamentos que envolveram aração, as perdas foram em torno de três vezes maiores para fósforo, cinco vezes para matéria orgânica, ligeiramente, superior para cálcio e magnésio e 2,5 vezes menores para potássio.

**Tabela 26** – Comparação dos teores médios de matéria orgânica e de nutrientes no solo e no material erodido sob SPD e SC – Campinas – SP.

	Solo da Parcela	Material Erodido	Teor no Material Erodido/Teor no Solo
	Matéria Orgânica - g dm <sup>-3</sup>		
SPD	37,49	37,82	1,009
SC	35,58	47,08	1,323
	Fósforo - mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
SPD	66,16	56,00	0,846
SC	24,75	47,18	1,906
	Cálcio - mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
SPD	58,08	76,75	1,321
SC	46,33	78,75	1,700
	Magnésio - mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
SPD	18,75	12,37	0,659
SC	17,91	15,43	0,861
	Potássio - mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
SPD	6,00	2,82	0,470
SC	3,25	2,49	0,766
	Saturação por Bases – V %		
SPD	75,75	89,58	1,182
SC	73,53	88,58	1,205

O enriquecimento do material erodido foi relatado por YOUNG (1989), RESK et al. (1980) SILVA e PAIVA (1985), SPAROVEK et. al. (1993). LUCARELLI (1997), trabalhando na mesma área, também encontrou maiores teores de nutrientes no material erodido.

#### 5.2.4. Caracterização dos atributos biométricos e da produção da cultura do milho

A Tabela 27 apresenta a avaliação dos parâmetros biométricos da cultura (altura de planta índice de espigas e massa de 1000 grãos), os quais apresentaram diferenças significativas entre os dois sistemas, exceto o índice de espigas. A altura das plantas e a massa de 1000 grãos apresentaram maiores valores no SPD, ainda que o solo apresentasse maiores valores de densidade do solo e menor de macroporosidade na camada de 0,00 - 0,20 m neste sistema. Este fato pode demonstrar que os atributos do solo analisados neste trabalho não foram suficientes para explicar a resposta da planta aos indicadores de qualidade do solo. Resultados semelhantes foram observados por TORMENA e ROLOFF (1996) e por MULLER et al. (2001).

**Tabela 27** – Dados biométricos da cultura do milho sob SPD e sob SC em um Latossolo Vermelho Distroférrico típico. Campinas -(SP).

Preparo	Altura das plantas (cm)			S	CV (%)
	Média	Min.	Max.		
SPD	244,47 A	154,00	318,00	23,23	9,50
SC	238,72 B	163,00	293,00	24,57	10,29
	Índice de Espigas (Espigas por planta)				
SPD	1,07 A	0,95	1,20	0,0838	0,0070
SC	1,07 A	1,00	1,25	0,0722	0,0052
	Massa de 1000 grãos (g)				
SPD	396,6 A	351,30	473,30	36,29	9,15
SC	348,25 B	304,40	369,40	20,38	5,85

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

Uma possível explicação para os melhores índices biométricos no SPD pode estar relacionada com a bioporosidade do solo sob SPD com rotação de culturas, resultante da formação de canais contínuos ao longo do perfil, o que possibilita o crescimento radicular numa matriz mais densa. Autores como HERNANI (1997) e ISMAIL et al.(1994) observaram maiores rendimentos de milho no sistema de plantio direto em relação a outros sistemas de manejo do solo, o que também pode confirmar esta hipótese. MOODY et al. (1961) também observou que a taxa de crescimento do milho sob sistema plantio direto foi mais alta do que no

preparo convencional. TRIPPLET e VAN DOREN (1977) informam que a cultura do milho é uma das que mais vigorosamente crescem sob condições do plantio direto.

No entanto, a análise dos dados de produtividade do milho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) mostrou que os valores não diferem significativamente entre tratamentos, embora o SPD produziu cerca de 13% a mais (Tabela 28). A não significância pode ser devida ao elevado coeficiente de variação do tratamento SPD. Outra possibilidade seria de que as mudanças no estado estrutural do solo após um ano de condução do ensaio não foram suficientes para influenciar a produtividade. Os resultados obtidos se assemelham ao de OLIVEIRA et al. (1990), que não observaram diferenças no rendimento de grãos nas culturas de soja, trigo e milho sob diferentes sistemas de preparo de solo, e de CRUZ et al. (2003), que relataram não terem sido observados efeitos benéficos no sistema plantio direto após três anos de implantação do sistema. Por outro lado, percebe-se que em termos absolutos, houve uma produtividade maior para o SPD em cerca de  $1.100 \text{ kg ha}^{-1}$ . Autores como DEDECEK (1987) e SPAROVEK et al. (1993) constataram em seus trabalhos que o sistema convencional foi o que apresentou a menor produtividade e também o que apresentou as maiores perdas de terras. Já, ALBUQUERQUE et al. (1995) e MELO FILHO e SILVA, (1993) demonstraram melhor índice de produtividade para o sistema plantio direto.

**Tabela 28** - Rendimento de grãos de milho sob SPD e sob SC em um Latossolo Vermelho Distroférico típico. Campinas -(SP).

Preparo	Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				
	Média	Min.	Max.	s	CV (%)
SPD	8.915 A	8.070,00	10.941,00	1.362,00	15,28
SC	7.832 A	7.546,00	8.157,00	258,00	3,30

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.; s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo.

## **6. CONCLUSÕES**

O manejo agrícola influenciou diferentemente atributos do solo e da planta e o controle da erosão. Em relação à qualidade do solo, os melhores índices ocorreram no sistema convencional, mas os indicadores de desenvolvimento da cultura foram superiores para o sistema plantio direto. Quanto ao controle da erosão, as perdas de terra e de nutrientes foram menores no sistema plantio direto, embora as diferenças entre tratamentos não tenham sido significativas.

Admite-se que a grande variabilidade dos dados tenha mascarado o efeito dos tratamentos, podendo esta variabilidade ser reportada à influência do ensaio anterior, uma vez se tratar do primeiro ano de implantação do ensaio atual.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de Culturas e Sistemas de Manejo: Efeito Sobre a Forma da Estrutura do Solo ao Final de Sete Anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, 19: 115-119, 1995.

ALVARENGA R. C.; FERNANDES, B.; SILVA T. C. A.; RESENDE, M. Estabilidade de Agregados de Um Latossolo Roxo sob Diferentes Métodos de Preparo do Solo e de Manejo da Palhada do Milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10: 273-277, 1986.

ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, A. R. Comparação Entre os Métodos da Transeção Linear e Fotográfico na Avaliação de Cobertura Vegetal, Morta, sob Dois Métodos de Preparo, Após Colheita da Soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 22: 491-496, 1998.

ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, A. R. Relações da Erosão do Solo Com a Persistência da Cobertura Vegetal Morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 19: 127-132, 1995.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de Culturas de Cobertura em Acumular Carbono e Nitrogênio no Solo no Plantio Direto e a melhoria da Qualidade Ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 25, n.1, 189-197, 2001.

AMADO, T. J. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia Relativa do Manejo de Resíduo Cultural de Soja na Redução das Perdas de Solo por Erosão Hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:251-257, 1989.

AZENEGASHE, O. A.; ALLEN, V.; FONTENOT, J. Grazing sheep and cattle together or separately: effect on soil and plants. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, p.380-386, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO L. Efeito de sistemas de Preparo e de Cultura na Dinâmica da Matéria Orgânica e na Mitigação das Emissões de CO<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 24, n. 3, 599-607, 2000.

BAYER, C.; MARTIN-NETO L.; SAAB, S. C. Diminuição da Humificação da Matéria Orgânica de um Cambissolo Húmico em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 27, 537-544, 2003.

BENATTI JÚNIOR, R.; BERTONI, J.; MOREIRA, C. A. Perdas por Erosão em Plantio Direto e Convencional de Milho em Dois Solos de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 8, n.1, 121-123, 1977.

BENATTI JÚNIOR, R.; MOREIRA, C. A.; FRANÇA, G. V. Avaliação dos Efeitos de Sistemas de Cultivo na Produção de Milho e nas Propriedades Edáficas em um Latossolo Roxo no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 8, n.1, 139-144, 1984.

BERTOL, I. ; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.28, n.1, p.155-163, 2004.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos Resíduos Culturais de Aveia e Milho Sobre a Superfície do Solo em Semeadura Direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 22: 705-712, 1998.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Cobertura Morta e Métodos de Preparo do Solo na Erosão Hídrica em Solo Com Crosta Superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:373-379, 1989.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da Erosão Hídrica com Métodos de Preparo do Solo, na Ausência e na Presença de Cobertura por Resíduo Cultural de Trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 11: 187-192, 1987.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4ª Ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; PEREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à Penetração e Permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico Típico Sob Sistema de Manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 25, n.1: 167-177, 2001b.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; PEREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho Distrófico Típico relacionada Com Manejo na Região dos Cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 25, n.1: 129-136, 2001a.

BOLLER, W.; KLEIN, V. A.; DALLMEYER, A. U. Semeadura de Milho em Solo sob Preparo Reduzido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas-SP, Vol. 22, n.1: 123-130, 1998.

BORGES, A. L.; KIEHL, J. C.; SOUZA, L. S. Alteração de Propriedades Físicas e Atividade Microbiana de um Latossolo Álico Após o Cultivo com Fruteiras Perenes e Mandioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23: 1019 – 1025, 1999.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do Solo Por Palha de Trigo e Seu Relacionamento Com a Temperatura e Umidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14: 369-374, 1990.

CAMARGO, O. A. de; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise, Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**.

Instituto Agronômico, Campinas, SP, 1986, 94P. (Boletim Técnico Instituto Agronômico, 106).

CAMPOS, B. C. de; RENERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da Agregação Induzida Pelo Uso de Plantas de Inverno Para a Cobertura do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 23, 383-391, 1999.

CAMPOS, B. C. de; RENERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDEL, J.; PETRERE, C. Estabilidade Estrutural de Um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico Após Sete Anos de Rotação de Culturas e Sistemas de Manejo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 19, n.1, 121-126, 1995.

CANALLI, L. R.; ROLOFF, G. Influência do Preparo e da Correção do Solo na Condição Hídrica de Um Latossolo Vermelho-Escuro Sob Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 21, n.1, 99-104, 1997.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de Agregação e Qualidade de Agregados de Latossolos Roxos, Submetidos a Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14: 99 -105, 1990.

CARVALHO, F. L. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia Relativa de Doses e Formas de Manejo do Resíduo Cultural de Trigo na Redução da Erosão Hídrica do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14: 227-234, 1990.

CASSOL, E. A.; LEVIEN, R.; JONG van LIER, Q. de; BADELUCCI, M. P.. Infiltração de Água e Perdas de Água e Solo por Erosão Influenciada por Diferentes Métodos de Melhoramento de Pastagem Nativa Gaúcha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 23: 923-931, 1999.

CASTRO FILHO, C; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos Agregados e Sua Relação Com o Teor de Carbono Orgânico Num Latossolo Roxo Distrófico, Em Função de

Sistemas de Plantio, Rotações de Culturas e Métodos de Preparo das Amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 22: 527-538, 1998.

CASTRO FILHO, C. et al. Aggregate stability under different soil management systems in a Red Latosol in State of Parana, Brazil. **Soil Tillage Research**, v.65, p.45-51, 2002.

CASTRO, O. M. de; 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10: 293-297, 1986.

CASTRO, O. M. Conservação do Solo e Qualidade dos Sistemas Produtivos. In **O Agrônomo** – Campinas, 42 (2/3) – ano 1991, pág. 110/117.

CASTRO, O. M. Preparo do Solo para a Cultura do Milho. **Fundação Cargill**, Campinas, 1989, 41 p.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FRREITAS. M. L. M.; BUZETTI, S. Alterações nas Propriedades Físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, sob Diferentes Culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, Vol. 23, n. 4, 997-1003, 1999.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de Sistemas de Preparo nas Propriedades Físicas de Um Solo sob Cerrado Cultivado com Soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:263-266, 1985a.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de Sistemas de Preparo nas Propriedades Químicas de Um Solo sob Cerrado Cultivado com Soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:267-279, 1985b.

CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUK, J. Potencial de Algumas Espécies Vegetais para a Recuperação de Solos com Propriedades Físicas Degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 07: 197-201, 1983.

CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUK, J.; SCOPEL, I. Caracterização do Impedimento Mecânico em um Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 07: 323-327, 1983b.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARS, R. A. Perdas de Solo e Água por Erosão Hídrica Influenciadas pôr Métodos de Preparo, Classes de Declive e Níveis de Fertilidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 27, n. 4: 743-753, 2003.

CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.11, p.1317-1322, nov. 1985.

CORSINI, P. C.; MALHEIROS, E. B.; SACCHI, E. Sistemas de Cultivo da Cana-de-açúcar: Efeitos na Retenção de Água e na Porosidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10: 71-74, 1986.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos Físicos e Carbono Orgânico de Um Latossolo Vermelho Sob Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 27, n. 6: 1.105-1.112, 2003.

CURY, B. Por que fazer o plantio direto. In: **Guia para Plantio Direto**, por Vicente Eugênio Tundisi; Paulo H. Maroneze,; Teresa s. Ferreira; Hernani P. Vasconcellos, Keila R. Fisher; Michel H. R. Santos; André Franco;; Márcio Scalea e Ivan Domingos Paghi. Ponta Grossa, Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000, p. 9/15.

DALAL, R. C.; CHAN, K.Y. soil organic matter in rainfed cropping systems of the Australian cereal belt. **Australian Journal Soil Research.**, 39p.435-464,2001.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. de. Fósforo, Potássio e Matéria Orgânica Em Um Latossolo Roxo, Sob Sistemas de Manejo Com Milho e Soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 17: 471-477, 1993.

DE MARIA, I. C. Erosão e Terraços em Plantio Direto. In BOLETIM INFORMATIVO – **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** – Campinas, V24 – n. 3 – Julho/Setembro – ano 1999, pág. 17/21.

DE MARIA, I. C; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23,p.703-709, 1999.

DECHEN, S. C. F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. de. Gramíneas e Leguminosas e Seus Restos Culturais no Controle da Erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 5:133-137, 1981.

DEDECEK, R. A. Efeito das Perdas e Deposição de Camadas de Solo na Produtividade de Um Latossolo Vermelho Escuro dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 11:323-328, 1987.

DEDECEK, R. A; RESK, D. V. S.; FREITAS JR., E. de. Perdas de Solo, Água e Nutrientes por Erosão em Latossolo Vermelho Escuro dos Cerrados em Diferentes Cultivos sob Chuva Natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10:265-272 1986.

DENARDIN, J. E.; KOCHLANN. Sistema Plantio Direto: estandarte da sustentabilidade. In **Boletim Informativo Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha**. Ponta Grossa – PR, ano 4 n. 14, outubro/dezembro/2003, pág. 7.

DERSPCH, Rolf. Agricultura Sustentável. In: **O Meio Ambiente e o Plantio Direto** por Helvécio Mattana Saturnino e John N. Landers. Brasília, Embrapa SPI, 1997. P.29/48.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.11, n.1, p.199-238, 1988.

DORAN, J.W.; PARKIN, B.T. **Defining and Assessing Soil Quality**. In: Doran, J.W; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A., eds. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special Publication n. 35).

DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, O de; BOTRL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção de água no solo utilizando o modelo de Genutchen. **Engenharia Rural**, 1: 92-102, 1990.

DUARTE, A.P.; PATERNIANI, M.E.A.(Coordenador). **Fatores bióticos e abióticos em cultivos de milho e estratificação ambiental: avaliação IAC/CATI/EMPRESAS – 1999/2000**. Campinas-SP, Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, 2000. 150 p. (Boletim científico 05).

ELTZ, F. L. F. CASSOL, E. A.; SCOPEL, I.; GUERRA, M. Perdas de Solo e Água por Erosão em Sistemas de Manejo e Coberturas Vegetais em Solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico (São Jerônimo) Sob Chuva Natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8: 117 – 125, 1984a.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M.; ABRÃO P.U.R. Perdas de Solo e Água por Erosão em Diferentes Sistemas de Manejo e Coberturas Vegetais em Solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) Sob Chuva Natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 8, n. 2, 245-249, 1984.

ELTZ, F. L. F.; COGO, N. P.; MIELNICZUK, J. Perdas por Erosão em Diferentes Manejos de Solo e Coberturas Vegetais em Solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico (São Jerônimo. I – Resultados do Primeiro Ano). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1: 123-127, 1977.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de Sistemas de Preparo do Solo nas Propriedades Físicas e Químicas de Um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13: 259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos Sistemas de Preparo nas Propriedades Químicas e Físicas do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 27, n. 6: 1.097-1.104, 2003.

FANCELLI, A. L. Manejo do Solo em Plantio Direto. In: **Guia para Plantio Direto**, por Vicente Eugênio Tundisi; Paulo H. Maroneze; Teresa s. Ferreira; Hernani P. Vasconcellos, Keila R. Fisher; Michel H. R. Santos; André Franco; Márcio Scalea & Ivan Domingos Paghi. Ponta Grossa, Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000, p. 16-29.

FARIA, J. C., SCHAFFER, C. E. R., RUIZ, H. A.; COSTA, L. M. Effects of Weed Control on Physical and Micropedological Properties of a Brazilian Ultisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, Vol. 22: 731-741, 1998.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D.; MANNERING, J. V. Efeito de Três Sistemas de Preparo do Solo, na Densidade Aparente, na Porosidade Total e na Distribuição dos Poros, em Dois Solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7: 329-333, 1983.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Agricultura 21. Archivos Abril/2003: Elaboración de un marco para las buenas prácticas agrícolas. [http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/006/Y8704s.HTM#P85\\_30812](http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/006/Y8704s.HTM#P85_30812). 26/02/2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO).  
Agricultura 21: Gestión del agua: hacia el 2030. <http://www.fao.org/ag/esp/default.htm> -  
[26/02/2004](http://www.fao.org/ag/esp/default.htm).

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S.  
Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações orgânicas de um Latossolo do  
cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26p.425-  
434, 2002.

GALETI, P. A. **Mecanização Agrícola – Preparo do Solo**. Instituto Campineiro de Ensino  
Agrícola. Campinas, 1981. 221 p.

GOEDERT, Wenceslau J.; SCHERMACK, Márcio Júlio; FREITAS, Frederico Carneiro de.  
Estado de Compactação do Solo em áreas Cultivadas no Sistema Plantio Direto. **Pesquisa  
Agropecuária Brasileira**, Vol. 37, n. 2, 223-227, Fevereiro/2002.

GOMES, A . S., PATELLA, J. F.; PAULETTO, E. A. Efeitos de Sistemas e Tempo de Cultivo  
Sobre a Estrutura de Um Solo Podzólico Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências  
do Solo. Campinas**, Vol. 2, n. 1, 17-21, 1978.

GRABLE, A. R; SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction  
on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of  
America Journal**, v.32, p.180-186, 1968.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de Solo, Água e  
Nitrogênio por Erosão Hídrica em Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de  
Ciência do Solo**. V 29, n. 2, p. 277 – 286, maio/abril 2005.

HERNANI, I. C.; SAKAI, E.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I. F. Influência de Métodos de Limpeza de Terreno Sob Floresta Secundária em Latossolo Amarelo do Vale do Ribeira, SP: Perdas por Erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 11: 215-219, 1987.

HERNANI, L. C., KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de Manejo de Solo e Perdas de Nutrientes e Matéria Orgânica por Erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 23: 145-154, 1999.

HERNANI, L.C. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA, CPAO, 1997. p. 39-67. (Circular Técnico, 5).

HORN, R.; LEBERT, M. Soil Compactability. In: SOANE, B. D. & OUWERKERK, C. Van (Ed). **Soil compaction in Crop Production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 141-165 (Developments in Agricultural Engineering, 11).

HUDSON, N. **Soil Conservation**. Cornell University Press. Ithaca, New York, 1981. 324 p.

ISLAM, K.R., WEIL, R.R. **Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. Agric. Ecosys. Environ.**, v.79:9-19, 2000.

ISMAIL, I.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science Society of American Journal**, v.58, n.1, p.193-198, 1994.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. **A Framework for Evaluating Physical and Chemical Indicators of Soil Quality**. In: Doran, J.W; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A., eds. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p. 53-72. (SSSA Special Publication n. 35).

KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil Structure. In: A. SUMNER, M. E., ed. **Handbook of Soil Science**. Boca Raton, CRC Press, 1999, p. 229-276.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**: relação solo-planta. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 262p., 1979.

KLEIN, V. A., BOLLER, W., CANDATEN, A., BORTOLOTTI, D. R.; DALPAZ, R. C. Avaliação de Escarificadores e Resposta da Cultura do Milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 19: 307-311, 1995.

KUTILEK, M.; NIELSEN, D. R. **Soil Hidrology**. Cremlingen: CATENA-VERLAG, 1994. p. 16-27: Soil Porous System.

LAFLEN, J. M.; ROOSE, E. J. Methodologies for Assessment of Soil Degradation due to Water. In: LAL, R.; BLUM, W. E. H.; VALENTIN, C. & STEWART, B. A. **Methods of Assessment of Soil Degradation**. Boca Raton, Fl., CRC Press, 1997. p. 31-55.

LAL, Rattan. **Soil Erosion – Research Methods**. Soil and Water Conservation Society. St. Lucie Press, Ankeny, IA, 1994. 496 p.

LAL, Rattan. **Métodos para Avaliação do Uso Sustentável dos Recursos Solo e Água nos Trópico**. EMBRAPA MEIO AMBIENTE, Jaguariúna, 1999. Tradução e Adaptação: Cláudia Conti Medugno e José Flávio Dynia . 97p.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management. **Soil Society of America**, 677 S. Segoe Rd., Madison. SSSA Special Publication n. 35, 1994.

LEVIEN, R.; COGO, N. P. Erosão na Cultura do Milho em Sucessão à Aveia Preta e Pousio Descoberto, Em Preparo Convencional e Plantio Direto com Tração Animal e Tratorizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viços, Vol. 25, n. 3: 683-692, 2001.

LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DECHEN, S. C. F.; VIEIRA, S. R. Efeito da Quantidade de Resíduos Culturais de Milho nas Perdas de Solo e Água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13: 71-75, 1988.

LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; CASSOL, E. A. Influência da Cobertura Vegetal Morta na Redução da Velocidade da Enxurrada e na Distribuição do Tamanho dos Sedimentos Transportados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 11: 193-197, 1987.

LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R.. Eficácia Relativa de Tipo e Quantidade de Resíduos Culturais Espalhadas Uniformemente Sobre o Solo na Redução da Erosão Hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 11: 71-75, 1987.

LUCARELLI, José Ricardo de Freitas. **Alterações em Características de Um Latossolo Roxo Submetido a Diferentes Sistemas de Manejo** . 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 1997.

MARGOLIS, E.; MELLO NETTO, A. V. de; ANDRADE, J. E. de P.; SILVA, A. B. da. Efeito do Estádio de Desenvolvimento da Cultura do Milho Sobre as Perdas por Erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 4: 193-195, 1980.

MARQUES, João Quintilhano de Avelar. Determinação de Perdas por Erosão. In **Arquivo Fitotécnico Del Uruguay**, MONTEVIDEO – Imprensa Nacional – Volumen 4 – págs. 505 a 556, 1951.

MELO FILHO, J. F.; SILVA, J. R. C. Erosão, Teor de Água no Solo e Produtividade do Milho em Plantio Direto e Preparo Convencional de Um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 17: 291-297, 1993.

MEREDITH; H. L.; PATRICK Jr., W.H. Effects of soil compaction on subsoil root penetration and physical properties of three soils in Louisiana. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, p.163-167, 1961.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.197-202, 1999.

MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do Sistema Radicular e dos Nutrientes em Latossolo Roxo Sob Dois Sistemas de Preparo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 15: 369-374, 1991.

MERTEN, G. H. Impacto da Mecanização do Solo. In: Simpósio sobre Impacto Ambiental por Uso Agrícola do Solo. Campinas, 1992. **Anais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1994 p.47-58 (Documentos IAC, 49).

MOODY, E.; SKEAR, G. M.; JONES, J. N. Growing corn without tillage. Proc. **Soil Science Society of America**, Madison, 25, p.516-517,1961.

MULLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25,p.531-538, 2001.

MUZILLI, O. Influência do sistema de Plantio Direto, Comparado ao Convencional, Sobre a Fertilidade da Camada Arável do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7: 95-102, 1983.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A. R. de; MAFRA, R. C.; JACQUES, F. de O. Efeito do Preparo do Solo Sobre as Perdas por Erosão e Produção de Milho num Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico de Serra Talhada (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 11: 183-186, 1987.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F. **Latossolos Roxos do Estado de São Paulo**. Instituto Agrônômico, Campinas, SP, 1984, 82 p.(Boletim Técnico, 82).

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. **Levantamento Pedológico Semidetalhado dos Solos do Estado de São Paulo: Quadrícula de Campinas**. Rio de Janeiro, RJ, IBGE, 1979. 169 p. (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, 5).

OLIVEIRA, J. B.; SILVA, J. R. C. Efeito do Manejo do Solo na Erosão do Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da Microrregião Homogênea 68 do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 6:231-235, 1982.

OLIVEIRA, E. F.; BAIRRÃO, J. F. M.; CARRARO I. M.; BALBINO, L. C. **Efeito do sistemas de preparo do solo nas suas características físicas e químicas e no rendimento de trigo e soja em Latossolo Roxo**. Cascavel - PR - OCEPAR,1990. 54p.

OLIVEIRA, M.; CURI, N.; FREIRE, J. C. Influência do Cultivo na Agregação de Um Podzólico Vermelho Amarelo Textura Média-Argilosa da Região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 7: 317-322, 1983.

PACHECO, E. P. Sistema Plantio Direto: Uma alternativa para os produtores de grãos de Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros, CP 44, 49.025-040, Aracaju, SE. 21/04/2006. [www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=1508](http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=1508) –

PAULA, M. B. de; ASSIS, R. P. de; BAHIA, V. G.; OLIVEIRA, C. V. de. Efeitos do Manejo de Resíduos Culturais, Adubos Verdes, Rotação de Culturas e Aplicação de Corretivos nas Propriedades Físicas e Recuperação dos Solos. In **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, 1998, pág. 66-70.

PECHE FILHO, A. Critérios Para Avaliar a Qualidade do Plantio Direto. In **O Agrônomo** – Campinas, 51 (1), 1999, pág. 14/15.

PECHE FILHO, A.; LINO, A. C. L.; STORINO, M. A tomada de decisão na escolha de sistemas de preparo do solo CMAA/IAC. [Sindicato Rural de Jundiá - Sítio Virtual](http://www.srjundiai.com.br/cmaatec03.htm) – 21/04/2006. <http://www.srjundiai.com.br/cmaatec03.htm>.

PEÑA, Y. A., GOMES, A. da S.; SOUSA, R. O. Influência de Diferentes sistemas de Cultivo nas Propriedades Físicas e um Solo de Várzea Cultivado com Arroz Irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, Vol. 20, n. 3, 517-523, 1996.

PERIN, E., CERETTA, C. O.; KLAMT, E. Tempo de Uso Agrícola e Propriedades Químicas de Dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Sol**, Campinas, Vol. 27, 665-274, 2003.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLI, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação de Fertilidade de Solos Tropicais**. Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285 p.

RESK, D. V. S.; FIGUEIREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M.; SILVA, T. C. A. da. Intensidade de Perdas de Nutrientes em Um Podzólico Vermelho Amarelo Utilizando-se Simulador de Chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 4: 188-192, 1980.

RIBEIRO, M. F. S.; PICHI, I.; GORNIK, A.; PERETTI, I.; CANTERLI, J. S.; CANALLI, L.; AUASHI, M.; FRITZ, N. PROJETO PLANTIO DIRETO NO SUDOESTE DO PARANÁ: Rumo à colaboração entre técnicos e agricultores. Reunião da Rede Latino-Americana de Agricultura Conservacionista, V. **Anais ... Florianópolis, SC, outubro de 1999 (no prelo)**

RIBEIRO, M de F.; MIRANDA, G. Plantio Direto e Agricultura Familiar. In: **Guia Para Plantio Direto** por Vicente Eugênio Tundisi; Paulo H. Maroneze,; Teresa s. Ferreira; Hernani P. Vasconcellos, Keila R. Fisher; Michel H. R. Santos; André Franco; Márcio Scalea & Ivan Domingos Paghi. Ponta Grossa PR, 2000 – pág. 90/103

ROS, C. O., SECCO, D., FIORIN, J. E., PETRE, C.; PASA, L. Manejo do Solo a Partir de Campo Nativo: Efeito Sobre a Forma e Estabilidade da Estrutura ao Final de Cinco Anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 21, n. 2, 241-247, 1997.

ROSOLEM, C. A.; FURLANI JR., E.; BICUDO, S. J.; MOURA, E. G.; BULHÕES, L. H. Preparo do Solo e Sistema Radicular do Trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 16: 115-120, 1992.

SAAD, O. **Máquinas e Técnicas de Preparo Inicial do Solo**. Livraria Nobel S. A 2ª Edição. São Paulo – SP, 1979. 99 p.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações Entre Sistemas de Preparo, Temperatura e Umidade de Um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 19, n. 2, 313-319, 1995.

SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; RIGOLIN A.T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23,p.91-99, 1999.

SANTOS. H. P., TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio Direto *Versus* Convencional: Efeito na Fertilidade do Solo e no Rendimento de Grãos de Culturas em Rotação Com Cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, 19: 449-454, 1995.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT. **User's guide**. Version 8. Cary, NC, 1999, p.25-50.

SATURNINO H. M.; LANDERS, N.L. **O Meio Ambiente e o Plantio Direto**. Brasília, Embrapa SPI, 1997. 116 p.

SCHÄFER, M. J.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; CASSOL, E. A. Erosão em Entressulcos em Diferentes Preparos e Estados de Consolidação do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vol. 25, n. 2: 431-441, 2001.

SCHICK et al. Erosão Hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico Submetido a Diferentes Sistemas de Preparo e Cultivo do Solo: I - Perdas de Solo e Água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 24, n. 2, 427-436, 2000.

SEGAFREDO M. L., ELTZ F.L.F.; BRUM, A.C.R. Perdas de Solo, Água e Nutrientes por Erosão em Sistemas de Culturas em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 21, n. 2, 287-291, 1997.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C. Dinâmica de Resistência à Penetração em Latossolo Vermelho de Goiânia. **Anais da XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Aracaju, SE, jul/2006.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. Na analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52:591-611, 1965.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do Sistema de Manejo do Solo no Seu Nível de Fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:249-254, 1985.

SIDIRAS, N., ROTH, C. H.; FARIAS, G. S. de. Efeito da Intensidade de Chuva na Desagregação por Impacto de Gotas em Três Sistemas de Preparo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, Vol. 8, n. 251-254 – 1984.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de Diferentes Sistemas de Preparo do Solo na Variação da Umidade e Rendimento da Soja, em Latossolo Roxo Distrófico (Oxsol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7: 103-106, 1983.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the Least Limiting Water Range of Soils from Properties and Management. **Soil Science Society American Journal**, vol. 61: 877-883, 1987.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de Cultivo e Características do Solo Afetando a Estabilidade de Agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 22, 311-317, 1998.

SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P. de; CAMPOS FILHO, O. R.; OLIVEIRA, F. A. P. Efeito de Diferentes Coberturas Vegetais e de Práticas Conservacionistas no Controle da Erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10: 289-292, 1986.

SILVA, J. R. C.; PAIVA, J. B. Retenção de Sedimentos por Cordões de Pedra em Contorno em Uma Encosta de Litossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9: 77-80, 1985.

SILVA, L. de F. da; MIELNICZUK, J. Ação do Sistema Radicular de Plantas na Formação e Estabilização de Agregados no Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas**, Vol. 21, n. 1, 113-117, 1997.

SILVA, M. S. L.da; RIBEIRO, M. R. Influência do Cultivo Contínuo da Cana-de-açúcar em Propriedades Morfológicas e Físicas de Solos Argilosos de Tabuleiro no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 16:397-402, 1992.

SKOPP, J.; JAWSON, M. D. & DORAN, J. W. Stead-state aerobic microbial activity as a function soil water content. **Soil Sci. Soc. Am.J.**, 54:1619-1625,1990.

SPAROVEK, G.; JONG VAN LIER, Q; ALOISI, R. R.; VIDAL-TORRADO, P. Previsão do Rendimento de Uma Cultura em Solos de Piracicaba em Função da Erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 17:465-470, 1993.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do Sistema de Preparo e da Rotação de Culturas na Porosidade e Densidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 25, n. 2: 395-401, 2001.

STONE, L. F; GUIMARÃES,C. M; MOREIRA J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6,n.2,p.207-212,2002.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol. 34, n. 3, p. 755-760, maio-junho, 2004.

TARDIEU, F. Growth and functioning of roots and of root systems subjected to soil compaction: Towards a system with multiple signaling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.30, n.2/4, p.217-243, 1994.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do Solo à Penetração e desenvolvimento do Sistema Radicular do Milho (*Zea mays*) Sob Diferentes Sistemas de Manejo Em Um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Vol. 25, n. 3: 725-730, 2001.

THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure. **Journal of Soil Science**, v.29, p.38-46, 1978.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), v.22, n.4, p. 573-581, 1998.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.333-339, 1996.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de Preparo do Solo na Cultura do Milho e Ressemeadura do Trevo na Rotação Aveia + Trevo/Milho. Após Pastejo Intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, 15: 105-111, 1991.

TRIPPLET, G. B.; VAN DOREN JR, D M. **Agriculture without tillage**. **Sci. Am.**, Washington, 236, p.28-33, 1977.

UHDE, L. T , COGO, N. P., TREIN, C., R.; LEVIEN, R. Comportamento da Sucessão Trevo/Milho, em Área Com e Sem Pastejo Intensivo, Sob Diferentes Métodos de Preparo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, Vol. 20, n. 3, 493-501, 1996.

VIEIRA, M. J. Propriedades Físicas do Solo. In: IAPAR (Londrina- PR). **Plantio direto no Estado do Paraná**, Londrina, 1981, p.19-32 (IAPAR, Circular 23).

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características Físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob Diferentes Sistemas de Manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, vol. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1984.

VIEIRA, M. J.; COGO, N. P.; CASSOL, E. A. Perdas por Erosão em Diferentes Sistemas de Preparo do Solo Para a Cultura da Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) em Condições de Chuva Simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 2: 209-214, 1978.

WARRICK, A.W.; NIELSEN D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed). **Applications of soil physics**. New York: Academia Press, 1980.

XU, L; SWAN, J. B. ; PAULSON, W. H.; RANDALL, G. W. Tillage effects on measured soil hydraulic properties. **Soil Tillage Research**., Amsterdam, v.25, p.17-33, 1992

YOUNG, A. **Agroforestry For Soil Conservation**. British Library Cataloguing in Publication Data, Tit II, C.A.B. International, 1989. 276 p.

## APÊNDICES

### Apêndice 1

Granulometria de um Latossolo Vermelho Distroférico típico - Campinas - SP (julho/2003)

Tratamento	Profundidade	Areia Total	Argila	Silte	Nº Pontos
	cm	g Kg <sup>-1</sup>			
Grade aradora T1	10	263	534	202	5
	20	234	596	170	5
	30	220	627	153	5
Sistema alternado T2	10	268	526	206	5
	20	216	579	205	5
	30	215	627	158	5
Escarificador T3	10	266	535	199	5
	20	244	589	167	5
	30	210	647	143	5
Plantio Direto T4	10	269	527	203	5
	20	254	574	172	5
	30	214	605	181	5
Arado de disco T5	10	270	509	221	5
	20	239	562	199	5
	30	220	603	176	5
Roçado T6	10	258	497	245	5
	20	232	573	195	5
	30	218	621	161	5
Morro abaixo T7	10	245	529	226	5
	20	226	585	188	5
	30	213	609	178	5
Enxada rotativa T8	10	265	537	198	5
	20	223	578	199	5
	30	215	629	156	5
Memória	10	277	537	187	5
	20	242	565	193	5
	30	227	613	160	5

## Apêndice 2

Granulometria de um Latossolo Vermelho Distroférico típico - Campinas - SP (maio/2004)

Tratamento	Parcela	Profundidade	Areia Total	Argila	Silte	Nº Pontos
		cm	g Kg <sup>-1</sup>			
Sistema Plantio Direto	1	10	253	573	174	15
		20	228	606	166	15
		30	218	638	144	15
	2	10	262	555	183	15
		20	244	588	168	15
		30	214	633	153	15
	3	10	268	559	172	15
		20	247	596	158	15
		30	224	627	149	15
	4	10	286	527	187	15
		20	256	569	175	15
		30	244	593	163	15
Média	10	267	554	179	60	
	20	244	590	167	60	
	30	225	623	152	60	
Sistema Convencional	5	10	264	538	198	15
		20	250	594	156	15
		30	235	622	143	15
	6	10	260	553	187	15
		20	246	597	157	15
		30	231	629	139	15
	7	10	248	575	177	15
		20	233	608	158	15
		30	224	633	143	15
	8	10	254	560	186	15
		20	225	620	155	15
		30	219	633	148	15
Média	10	256	557	187	60	
	20	239	605	156	60	
	30	227	629	143	60	

### Apêndice 3

Valores ajustados (van Genuchten) de umidade volumétrica - maio/2004.

Tensão (kPa)	----- Sistema Plantio Direto -----				----- Sistema Convencional -----			
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Umidade Volumétrica m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>							
	----- Camada 0,00 - 0,20 m -----							
0,10	0,51	0,50	0,48	0,49	0,49	0,50	0,54	0,58
1,00	0,44	0,44	0,42	0,46	0,43	0,43	0,45	0,43
6,00	0,39	0,39	0,38	0,43	0,38	0,38	0,40	0,37
10,00	0,38	0,38	0,36	0,42	0,36	0,37	0,38	0,35
33,00	0,35	0,35	0,33	0,39	0,33	0,33	0,34	0,31
50,00	0,34	0,34	0,32	0,38	0,32	0,32	0,33	0,30
75,00	0,33	0,33	0,31	0,37	0,31	0,31	0,31	0,29
100,00	0,32	0,32	0,30	0,36	0,30	0,30	0,31	0,29
300,00	0,30	0,30	0,28	0,33	0,28	0,28	0,28	0,27
1.500,00	0,27	0,28	0,26	0,30	0,26	0,27	0,26	0,26
	----- Camada 0,20 - 0,40 m -----							
0,10	0,47	0,46	0,46	0,45	0,47	0,47	0,47	0,51
1,00	0,41	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,38	0,42
6,00	0,37	0,37	0,36	0,35	0,36	0,35	0,33	0,36
10,00	0,36	0,36	0,35	0,34	0,35	0,34	0,32	0,35
33,00	0,34	0,33	0,33	0,31	0,33	0,32	0,29	0,31
50,00	0,33	0,32	0,32	0,30	0,32	0,31	0,28	0,30
75,00	0,32	0,31	0,31	0,29	0,31	0,30	0,28	0,29
100,00	0,32	0,31	0,30	0,29	0,30	0,29	0,27	0,28
300,00	0,30	0,29	0,29	0,27	0,27	0,27	0,26	0,27
1.500,00	0,28	0,26	0,26	0,25	0,23	0,25	0,25	0,26

## Apêndice 4

Fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico:

a)

Teores de matéria orgânica - Campinas (SP) – Julho/2003.

Tratamento	Camadas		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
	$\text{g dm}^{-3}$		
Grade aradora	48	43	32
Sistema alternado	44	41	36
Escarificador	43	39	37
Semeadura direta	46	39	34
Arado de disco em nível	39	34	32
Roçado	48	43	32
Arado de disco morro abaixo	37	36	29
Enxada rotativa	37	32	32
Memória	41	39	29

b)

Teores de fósforo - Campinas (SP) – Julho/2003.

Tratamento	Camadas		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
	$\text{mg dm}^{-3}$		
Grade aradora	90	58	36
Sistema alternado	38	54	5
Escarificador	31	34	41
Semeadura direta	80	67	33
Arado de disco em nível	31	19	23
Roçado	9	7	7
Arado de disco morro abaixo	40	17	15
Enxada rotativa	34	22	13
Memória	3	3	3

Matéria orgânica determinada pelo método colorimétrico; fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinado pelo método da resina trocadora de íons.

c)

Teores de cálcio - Campinas (SP) – Julho/2003.

Tratamento	Camadas		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
Grade aradora	64	78	54
Sistema alternado	80	85	64
Escarificador	95	88	70
Semeadura direta	66	100	70
Arado de disco em nível	65	71	62
Roçado	76	59	61
Arado de disco morro abaixo	68	63	67
Enxada rotativa	71	84	74
Memória	49	59	69

d)

Teores de magnésio - Campinas (SP) – Julho/2003.

Tratamento	Camadas		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
Grade aradora	27	28	24
Sistema alternado	30	29	24
Escarificador	32	27	20
Semeadura direta	24	30	21
Arado de disco em nível	25	29	29
Roçado	39	29	26
Arado de disco morro abaixo	28	28	33
Enxada rotativa	37	44	42
Memória	25	23	26

Matéria orgânica determinada pelo método colorimétrico; fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinado pelo método da resina trocadora de íons.

e)

Teores de potássio - Campinas (SP) – Julho/2003.

Tratamento	Camadas		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
Grade aradora	10,5	8,3	4,9
Sistema alternado	9,6	6,6	4,5
Escarificador	7,7	5,9	4,4
Semeadura direta	8,3	6,5	5,3
Arado de disco em nível	4,8	3,9	3,3
Roçado	3	1,8	1,6
Arado de disco morro abaixo	5,8	3,5	2,4
Enxada rotativa	3,5	2,4	1,5
Memória	0,7	0,9	0,7

f)

Saturação por bases - Campinas (SP) – Julho/2003.

Tratamento	Camadas		
	0,00 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m	0,20 - 0,40 m
	V %		
Grade aradora	80,2	80,3	72,7
Sistema alternado	81	79,5	74,8
Escarificador	82,5	79,5	75,2
Semeadura direta	79,7	80	75,6
Arado de disco em nível	77,1	80,6	79
Roçado	85,5	80,3	75,9
Arado de disco morro abaixo	80,2	79	78,5
Enxada rotativa	84,7	86,7	84,2
Memória	56,2	61,4	69,4

Matéria orgânica determinada pelo método colorimétrico; fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinado pelo método da resina trocadora de íons.

## Apêndice 5

Fertilidade do solo camada 0 - 0,20m safra 2003/2004 sob dois sistema de manejo - Campinas SP

		MO	P	Ca	Mg	K	V
		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	%
Sistema Plantio Direto Terços							
Parcela 1	Superior	41,3	71,0	57,0	20,0	5,1	80,51
	Médio	34,4	67,0	49,0	18,0	5,7	75,33
	Inferior	31,0	67,0	47,0	20,0	6,1	75,44
Parcela 2	Superior	43,1	83,0	47,0	19,0	6,8	77,08
	Médio	37,9	39,0	45,0	18,0	6,3	71,43
	Inferior	32,7	57,0	48,0	19,0	7,1	74,18
Parcela 3	Superior	46,5	91,0	52,0	17,0	5,9	74,36
	Médio	39,6	35,0	59,0	20,0	7,0	79,87
	Inferior	34,4	6,0	52,0	19,0	5,5	69,42
Parcela 4	Superior	43,1	98,0	62,0	20,0	6,3	81,75
	Médio	34,4	94,0	54,0	17,0	5,2	74,88
	Inferior	31,0	86,0	53,0	18,0	5,0	74,76
Sistema Convencional Terços							
Parcela 5	Superior	41,3	39,0	49,0	15,0	3,4	70,86
	Médio	34,4	35,0	46,0	13,0	3,6	66,35
	Inferior	29,3	23,0	47,0	14,0	4,8	71,83
Parcela 6	Superior	48,2	16,0	59,0	24,0	2,8	81,20
	Médio	41,3	11,0	54,0	25,0	3,8	85,61
	Inferior	32,7	43,0	59,0	28,0	3,4	88,44
Parcela 7	Superior	37,9	15,0	41,0	16,0	2,2	65,07
	Médio	32,7	21,0	41,0	14,0	3,7	71,15
	Inferior	29,3	16,0	40,0	17,0	4,0	72,00
Parcela 8	Superior	39,6	39,0	45,0	19,0	2,8	75,47
	Médio	32,7	24,0	39,0	16,0	2,0	68,94
	Inferior	27,6	15,0	36,0	14,0	2,6	65,52

Carbono orgânico determinado pelo método do dicromato de potássio em meio sulfúrico; fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinado pelo método da resina trocadora de íons.

## Apêndice 6

Fertilidade do material erodido - safra 2003/2004 sob dois sistema de manejo - Campinas SP

		MO	P	Ca	Mg	K	V
		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	%
Sistema Plantio Direto		Datas					
Parcela 1	05/12/2003	32,7	41,0	81,0	12,0	2,6	92,41
	05/01/2004	37,9	54,0	74,0	11,0	3,0	91,82
	05/02/2004	36,2	53,0	74,0	11,0	2,8	89,91
	08/03/2004	41,3	45,0	81,0	14,0	3,1	89,24
Parcela 2	05/12/2003	37,9	49,0	77,0	12,0	2,9	90,35
	05/01/2004	39,6	46,0	67,0	12,0	2,8	89,30
	05/02/2004	37,9	51,0	71,0	10,0	2,9	87,65
	08/03/2004	36,2	43,0	69,0	10,0	2,9	89,34
Parcela 3	05/12/2003	32,7	52,0	79,0	12,0	2,6	88,81
	05/01/2004	44,8	43,0	74,0	13,0	2,6	88,36
	05/02/2004	43,1	63,0	89,0	14,0	3,0	88,48
	08/03/2004	36,2	51,0	67,0	10,0	3,0	89,07
Parcela 4	05/12/2003	31,0	89,0	82,0	14,0	2,7	90,97
	05/01/2004	31,0	81,0	74,0	15,0	2,5	88,58
	05/02/2004	41,3	78,0	82,0	14,0	2,7	87,74
	08/03/2004	44,8	57,0	79,0	14,0	3,1	91,39
Sistema Convencional		Datas					
Parcela 5	05/12/2003	41,3	50,0	74,0	15,0	2,5	88,61
	05/01/2004	39,6	52,0	76,0	16,0	2,5	87,33
	05/02/2004	51,7	92,0	97,0	19,0	2,9	89,63
	08/03/2004	44,8	55,0	87,0	14,0	2,9	89,08
Parcela 6	05/12/2003	53,4	92,0	95,0	20,0	3,0	92,33
	05/01/2004	51,7	97,0	82,0	19,0	2,7	91,42
	05/02/2004	46,5	57,0	86,0	14,0	2,6	86,70
	08/03/2004	53,4	94,0	73,0	14,0	3,2	90,26
Parcela 7	05/12/2003	46,5	18,0	82,0	15,0	2,2	92,66
	05/01/2004	37,9	17,0	71,0	14,0	2,1	86,41
	05/02/2004	44,8	25,0	81,0	14,0	2,3	85,92
	08/03/2004	39,6	20,0	76,0	11,0	2,1	90,10
Parcela 8	05/12/2003	53,4	28,0	73,0	16,0	2,3	88,55
	05/01/2004	65,4	24,0	65,0	17,0	2,2	84,22
	05/02/2004	39,6	10,0	71,0	16,0	2,0	84,96
	08/03/2004	43,1	24,0	79,0	14,0	2,4	89,11

Carbono orgânico determinado pelo método do dicromato de potássio em meio sulfúrico; fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinado pelo método da resina trocadora de íons.

## ANEXOS

### Anexo 1

Perfil 1245 – Unidade Barão Geraldo

Classificação: Typic Haplorthox; hipertérmico, muito argiloso, oxidico (USA);

Rhodic Ferralsol (FAO);

Solo ferralítico fortemente dessaturado no horizonte B (Fr).

Localização: Folha de Leme. Coordenadas UTM 260-262km E., 7544-7546km N.

Altitude 650metros.

Material de origem: produtos da intemperização de diabásio afetados por retrabalhamento local.

Relevo: suave-ondulado.

Situação e declive: terço superior da encosta, quase topo de colina, 4%.

Vegetação primária: mata tropical subcaducifólia.

Vegetação atual: idem.

1245A<sub>1</sub> 0-35cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5 YR 3/4 seca); argilosa; granular média forte; ligeiramente dura e friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

1245A<sub>3</sub> 35-68cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5 YR 3/5 seca); argilosa; subangular média fraca; ligeiramente dura e muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

1245B<sub>1</sub> 68-120cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5 YR 3/6 seca); argilosa; subangular média fraca passando para apédica; macia, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

1245B<sub>2</sub> 120-200cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5 YR 3/6 seca); argilosa; subangular média fraca passando para apédica; macia, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

Obs.: Raízes finas abundantes na primeira camada, poucas na segunda, raras na terceira e médias abundantes nas três camadas. Diferença de cor entre camadas muito sutil: camada *a*, tanto úmida como seca, 2,5YR 3/4. Carvão ao longo do perfil, mais abundante na segunda e terceira camadas. A Tabela a seguir apresenta as características físicas e químicas do perfil 1.245. Unidade Barão Geraldo.

Características físicas e químicas do perfil 1245. Unidade Barão Geraldo

Camada n.º	Horizonte		Densidade Aparente	Densidade Real	Porosidade Total	Umidade 15 atm	15 atm x 2,5 %
	Símbolo	Profundidade					
a	A <sub>1</sub>	0-35 <i>cm</i> <sup>3</sup>	0,94	2,53	63	%	%
b	A <sub>3</sub>	35-68					
c	B <sub>1</sub>	68-120	0,95	2,78	66		
d	B <sub>2</sub>	120-200					
e	tradagem	200+					

Areia Grossa	Composição Granulométrica			Cascalho	Argila Natural	pH		Delta pH
	Areia Fina	Silte	Argila			H <sub>2</sub> O	KCl	
%	%	%	%	%	%			
6	23	17	54	0	39	7,3	6,5	-0,80
5	23	8	64	0	42	6,6	6,2	-0,40
6	20	8	66	0	37	5,2	4,6	-0,60
4	22	10	64	0	15	5,0	4,8	-0,20
3	25	8	64	0	0	5,3	5,9	0,60

*PO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4 Sol.	Cátions Trocáveis					S	T	V	Ret.Cat/100g Arg	Al <sup>3+</sup> / Al <sup>3+</sup> +S
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>					
<i>e mg</i>	<i>e mg</i>	<i>e mg</i>	<i>e mg</i>	<i>e mg</i>	<i>e mg</i>	<i>e mg</i>	<i>e mg</i>	%	<i>e mg</i>	%
0,05	15,00	2,48	0,40	0,0	1,2	17,88	19,08	94	33,1	0,0
0,10	7,50	2,40	0,40	0,0	1,4	10,30	11,70	88	16,1	0,0
0,05	1,40	0,78	0,30	0,0	6,0**	2,48	8,48	29	3,7	0,0
0,02	1,25	0,07	0,07	0,0	4,8**	1,39	6,19	23	2,5	12,6
0,01	0,90	0,03	0,03	0,0	1,5	0,96	2,46	39	1,5	0,0

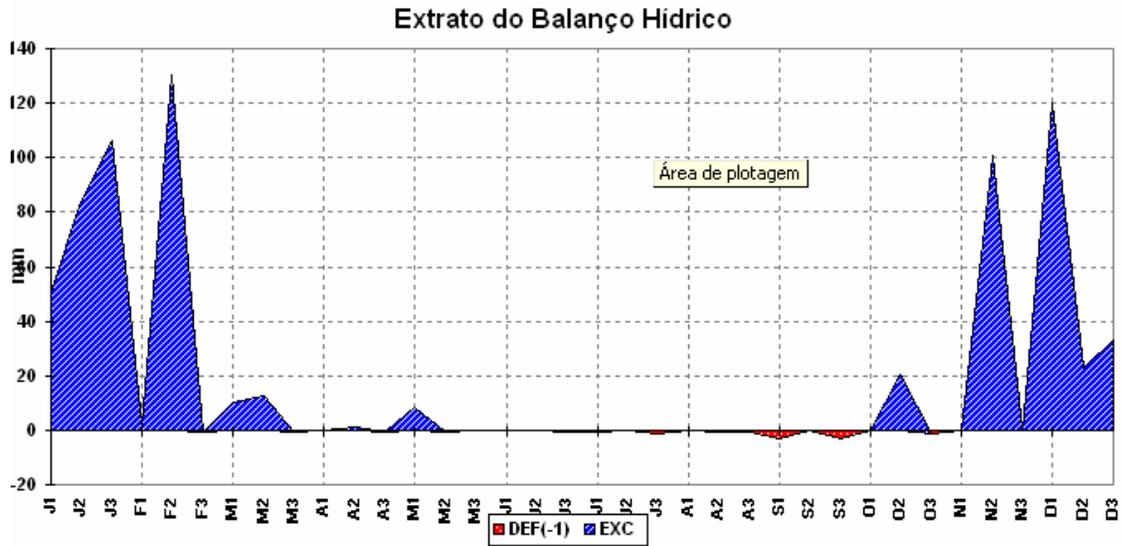
C	N	C/N	Digestão com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1				Ki	Kr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Livre
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>			
%	%		%	%	%	%		%	
2,96	0,32	9,3	11,51	10,47	21,32	7,41	1,87	0,81	17,4
1,42	0,14	10,1	12,31	11,59	22,46	7,94	1,80	0,81	17,1
1,34	0,09	14,9	12,51	11,58	22,00	7,83	1,80	0,82	18,9
0,92	0,06	15,3	11,31	11,41	23,48	8,46	1,68	0,73	19,2
0,40	-	-	10,72	11,78	23,03	8,73	1,55	0,69	-

(\*) Expresso em relação a 100g de TFSA. (\*\*) Análise repetida.

FONTE: OLIVEIRA e MENK (1984).

Anexo 2

2003



# 2004

