



# UNESP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

## *DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA*

1210001189



**EFEITOS DO PREPARO SOBRE ALGUMAS  
PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E  
BIOLÓGICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO  
DA REGIÃO DO CERRADO  
ALUNA: RITA DE CÁSSIA MARKERT  
ORIENTADOR: VINÍCIO MARTINS DO NASCIMENTO**

Te. 1189



**EFEITOS DO PREPARO SOBRE ALGUMAS PROPRIEDADES  
FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO DA REGIÃO DE CERRADO.**

**RITA DE CÁSSIA MARKERT**

1210001189



*Doc. 040/2001 - nps 064/01*

<b>UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"</b>	
<b>SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO</b>	
DATA DE CATEGORIA	DATA DE TOMBO
<i>02.07.01</i>	<i>30.07.01</i>
REQUISITO	REQUISITO
<i>Alza</i>	<i>Te. 1189</i>
AQUIZIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>logcat autô R\$10,00</i>	<i>M345e</i>

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Sistemas de Produção.

*5010100 - licença do solo*

**ILHA SOLTEIRA - SP**

**Fevereiro - 2001**



**EFEITOS DO PREPARO SOBRE ALGUMAS PROPRIEDADES  
FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO DA REGIÃO DE CERRADO.**

**RITA DE CÁSSIA MARKERT**

Bióloga

Orientador: Prof. Dr. Vinício Martins do Nascimento

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Engenharia de Ilha  
Solteira – Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,  
como parte das exigências para a  
obtenção de título de Mestre em  
Agronomia, Área de Concentração  
em Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA - SP

Fevereiro - 2001

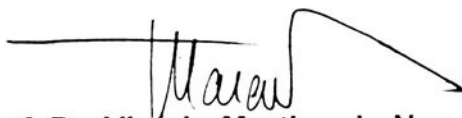


**“Efeitos do Preparo sobre Algumas  
Propriedades Físicas, Químicas e Biológicas  
de um Latossolo Vermelho da Região do  
Cerrado”**

**Rita de Cássia Markert**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE  
ILHA SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO  
DO TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. Vinício Martins do Nascimento  
Orientador



Prof. Dr. José Frederico Centurion



Profª Drª Marlene Cristina Alves

Ilha Solteira – SP  
fevereiro de 2001



À DEUS,

que esteve e está presente  
em todos os momentos da  
minha existência.

Aos meus pais, Roberto e Odete,

**Minha admiração e gratidão.**

Aos meus irmãos, Cristiane, Taiamara e Roberto

**Dedico.**



# *A G R A D E C I M E N T O S*

À Deus, pois sem ele eu não estaria aqui.

Ao Prof. Dr. Vinício Martins do Nascimento pela amizade, paciência, compreensão, incentivo e orientação.

À Profa Dra. Marlene Cristina Alves pela amizade, incentivo e auxílio.

Ao Prof. Dr. Evaristo Bianchini pela amizade e auxílio na análise estatística.

Ao Prof. Dr. Walter Valério Filho pela amizade e auxílio na análise estatística.

Aos professores Ana Maria R. Cassiolato, Luiz Malcon M. de Mello, Marcos Eustáquio de Sá, Geraldo Papa, Pedro César dos Santos pela amizade e auxílio.

Ao Arlindo Avanso Urzulin e a Maria de Fátima Sabino pelo companherismo e bom humor.

Ao Valdivino dos Santos pelo auxílio na coleta dos dados e pelo companherismo.

À Angela M. M. Kato, Cassia C. R. Ricci, Cristiane G.N. M. de Souza e Domingos P. Carneiro pela amizade, companherismo e bom humor.

Aos técnicos dos laboratórios, Carlinhos e João pela amizade e auxílio.

Aos Funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS/UNESP pela amizade e auxílio.

Aos funcionários da biblioteca, especialmente ao João Josué Barbosa pela amizade e auxílio.

Aos amigos da pós-graduação: Adriana, Cristina, Sônia, Rosa, Angela, Carlos, Gilvania, Ananda, Selma, Cassiano, Ary, Zigomar.

Às minhas amigas Daniele e Ana Paula que sempre me ajudaram.

À todos àqueles que me apoiaram no decorrer deste curso, que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

# SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	IV
RESUMO .....	VI
SUMMARY .....	VIII
1 – INTRODUÇÃO .....	01
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	03
• 2.1 – Solos da Região do Cerrado .....	03
• 2.2 – Influência dos sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas ....	04
✗ 2.2.1 – Densidade do solo .....	07
✗ 2.2.2 - Umidade do solo .....	10
-2.2.3 - Porosidade total do solo .....	13
• 2.3 – Influência do preparo do solo nas propriedades químicas do solo .....	15
• 2.4 - Matéria orgânica .....	17
2.5 - Manejo da matéria orgânica do solo .....	19
2.6 – Influência do preparo do solo nas suas propriedades biológicas.....	20
2.7 – Plantio Direto .....	21
3 – MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1 – Localização e descrição do experimento .....	25
3.2 – Descrição das áreas utilizadas .....	25
3.2.1 – Vegetação nativa .....	25
3.2.2 – Plantio Convencional .....	26



3.2.3 – Plantio direto 5 anos.....	26
3.2.4 – Plantio direto 10 anos .....	26
3.3. – Amostragem do solo .....	27
3.4. – Análises .....	27
3.4.1 – Físicas .....	27
3.4.1.1 - Umidade do solo .....	27
3.4.1.2 - Densidade do solo .....	27
3.4.1.3 - Porosidade total, microporosidade e macroporosidade	28
3.4.2 – Químicas .....	28
3.4.3 – Avaliação da população macrobiana .....	28
3.4.4 – Análise estatística .....	29
<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
4.1 – Características Física-hídricas .....	30
4.1.1 – Densidade do solo .....	30
4.1.2 – Umidade do solo .....	31
4.1.3 – Porosidade total, microporosidade e macroporosidade .....	32
4.2 – Características Químicas .....	35
4.2.1 – Matéria orgânica .....	35
4.2.2 – Fósforo .....	37
4.2.3 – Potássio .....	38
4.2.4 – Cálcio .....	39
4.2.5 – Magnésio .....	40
4.2.6 – Acidez (pH em CaCl <sub>2</sub> ) .....	41
4.2.7 – H+Al (Acidez Potencial) .....	42



4.2.8 – Alumínio .....	43
4.2.9 – Capacidade de Troca Catiônica .....	44
4.2.10 – Saturação por Bases .....	45
4.3 – Macroorganismos .....	46
5 – CONCLUSÕES .....	49
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50



## ***LISTA DE TABELAS***

- Tabela 1.** Densidade do solo ( $\text{kg/m}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998..... 30
- Tabela 2.** Umidade do solo ( $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998..... 32
- Tabela 3.** Porosidade total do solo ( $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.. ..... 33
- Tabela 4.** Macroporosidade do solo ( $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998..... 34
- Tabela 5.** Microporosidade ( $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ ) do solo para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998..... 35
- Tabela 6.** Teores de matéria orgânica ( $\text{g/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. .... 36
- Tabela 7.** Teores de fósforo ( $\text{mg/dm}^3$ ) do solo para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998..... 38
- Tabela 8.** Teores de potássio ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998..... 39



- Tabela 9.** Teores de cálcio ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. .... 40
- Tabela 10.** Teores de magnésio ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. .... 41
- Tabela 11.** Valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. .... 42
- Tabela 12.** Valores de H + Al ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. . .... 43
- Tabela 13.** Teores de alumínio ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. .... 44
- Tabela 14.** Valores de capacidade de troca Catiônica ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. ... 45
- Tabela 15.** Valores de saturação por bases (V%) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998. .... 46
- Tabela 16.** Valores médios de macroorganismos de um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998, para os tratamentos e profundidades estudadas. .... 47
- Tabela 17.** Valores médios de macroorganismos de um Latossolo Vermelho-Escuro, para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998 .. .... 48



MARKERT, R. C. Efeitos do preparo sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho da região de cerrado. Ilha Solteira, 2001, 64 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

## RESUMO

Visando estudar os Efeitos do preparo sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho da região de cerrado, conduziu-se um experimento na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria /MS. Para tanto, empregou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado com seis repetições. Áreas com preparo convencional e plantio direto com 5 e 10 anos, as quais foram comparadas com área mantida sob vegetação nativa (cerrado). Amostras de solo, tomadas nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20m, foram analisadas quanto as características físicas (densidade, umidade e porosidade), químicas (pH, matéria orgânica, teor de nutrientes, CTC e saturação por bases) e quanto a população de macroorganismos. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições. Os resultados mostraram que o cultivo do solo proporcionou aumentos na densidade do solo e retenção de água, e uma diminuição na porosidade total independentemente do sistema de preparo do solo. O

plântio direto proporcionou aumento no teor de matéria orgânica e de nutrientes na camada superficial do solo, e propiciou maior desenvolvimento de macroorganismos como anelídeos.

Palavras-chaves: Preparo do solo, propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.



MARKERT, R. C. Effects of soil preparation on some physical, chemical and biological properties of a red 'latosol' (oxisol) in a 'cerrado' region. Ilha Solteira, 2001, 64 p. Thesis (master science) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

### SUMMARY

The objectives of this experiment were to study the effects of the preparation of a red latosol (oxisol) on some of its physical, chemical and biological properties. The site was at the Teaching and Research Farm of UNESP, campus of Ilha Solteira, located in Selvíria, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The experimental design was a completely randomized design, with 6 replications. A tillage and 5- and 10-yr no-tillage planting system areas were compared with an area covered with native vegetation ('cerrado'). Soil samples were taken at the depths of 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15 and 0.15-0.20 m, and analyzed for their physical (bulk density, moisture and porosity) and chemical (pH, organic matter, nutrient content, cation exchange capacity and base saturation) properties, in addition to macroorganism population. Results indicated that soil tillage increased the bulk density of the soil and its moisture retention, besides a decrease in total porosity regardless of the soil preparation system. The no-tillage system caused an increase in nutrient and organic matter content in the first soil layer, and favored macroorganism development such as annelids.

Key words: soil preparation, physical, chemical and biological soil properties



## 1 – INTRODUÇÃO

Diferentes métodos de preparo do solo e semeadura são utilizados na agricultura, alguns desses amplamente utilizados pelos agricultores há várias décadas enquanto, outros são de uso relativamente recente. Entre esses, inclui-se o sistema de plantio direto, que é caracterizado por não revolver o solo na ocasião do plantio e, conseqüentemente, pela formação de uma camada superficial de resíduos vegetais.

No sistema de plantio direto procura-se obter equilíbrio do solo, de forma que este apresente as melhores condições para a obtenção de altas produtividades das culturas. Na avaliação deste equilíbrio são considerados diversos fatores como características físicas, biologia do solo, manejo de fertilidade, exportação de nutrientes e produção de material orgânico (TORMENA et. al. 1996).

A principal exigência para o bom desenvolvimento de uma cultura é um solo com ótimas condições físicas, e isto significa uma boa estrutura. Esta condição obtida, nos fornece uma distribuição adequada de espaço poroso, otimizando a disponibilidade de água e troca gasosas, proporcionando o desenvolvimento das raízes sem impedimentos mecânicos e temperaturas adequadas. Manter estas condições é extremamente difícil, pois as atividades relacionadas com a produção agrícola causam uma deterioração da estrutura do solo, restringindo o desenvolvimento das raízes através da compactação. Entre essas atividades estão as diversas operações agrícolas incluindo o preparo do solo, a colheita, tráfego de veículos, irrigação, além da drenagem insuficiente e o efeito do impacto das gotas de chuva sobre um solo nu.



Qualquer alteração na estrutura do solo, reduzindo a porcentagem de espaços vazios acima de um certo valor crítico, afeta as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O preparo e o tráfego de veículos são alguns dos fatores que causam estas alterações (MAGALHÃES, 1990).

A idéia de preparar o solo para o plantio vem de tempos remotos. As justificativas tem sido diversas, assim como diversos tem sido os equipamentos utilizados. Entretanto, na decisão do método de preparo a ser usado, devem ser levados em consideração o tipo de solo, o relevo, o clima e a espécie vegetal além de outros fatores (FERNANDES et al., 1983).

O preparo excessivo do solo, a retirada de cobertura vegetal e a implantação de culturas, aliadas as práticas de manejo inadequadas, promove um rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível a erosão e degradação. Portanto, quando se associa um conjunto de técnicas, pode-se efetivamente conservar o solo.

O preparo do solo é primordial para o aperfeiçoamento da agricultura, pois a obtenção de elevados índices de produtividade e maior rentabilidade agrícola, depende fundamentalmente da manutenção da sua capacidade produtiva.

O trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência de sistemas de preparo nas alterações dos atributos, físicos, químicos e biológicos do solo.



## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Solos da região do Cerrado

A região do cerrado brasileiro é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, onde ocupa 22% do território nacional, o que representa cerca de dois milhões de Km<sup>2</sup>. RIBEIRO et al. (1983) caracterizam a fisionomia de cerrado como um tipo de savana, mais ou menos densa, com uma cobertura herbácea contínua, e com um dossel descontínuo de formações arbóreas e arbustivas, de galhos retorcidos, cascas espessas e, em inúmeras espécies, grandes folhas coriáceas. O clima na região dos Cerrados é caracterizado pelo seu aspecto sazonal, com a ocorrência de duas estações bem definidas: seca e úmida.

Segundo CAMARGO & BENNEMA (1966), cerca de 1/3 da área territorial do Brasil é caracterizada pela cobertura vegetal do tipo Campo e Cerrado. Os solos desenvolvidos sob vegetação de cerrado têm sido denominados genericamente de “solos de cerrado”, estando incluído neste grupo, principalmente os Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro, extremamente lixiviados, ácidos, de baixa saturação por bases e, de textura média a argilosa.

A região dos cerrados brasileiros possui características favoráveis ao desenvolvimento do setor agrícola, destacando-se o clima, a topografia, e o preço de terras.

Segundo GENNY (1941), a origem dos solos se dá através da ação conjunta dos fatores externos (clima, organismos, material de origem, relevo e tempo), também denominado fatores de formação. Devido a combinação existente entre esses fatores, há um perfeito equilíbrio do meio com o solo, quando este se encontra no seu estado natural. A retirada da cobertura vegetal natural e a implantação de culturas, aliadas a práticas de manejo inadequadas, promovem um rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio,

modificando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à compactação e erosão.

Os solos de cerrado têm sido classicamente descritos como portadores de boas características físicas. Realmente, a análise do perfil de um solo de área virgem dos cerrados revela boas características, como baixa densidade do solo, alta permeabilidade, baixa resistência à penetração de raízes e boa aeração (LUCHIARI JR. et al., 1985).

Segundo NASCIMENTO (1981) e NASCIMENTO et al. (1992 e 1993), os solos da região dos cerrados brasileiros apresentam-se bastante intemperizados, com predominância de argilas do tipo 1:1, óxidos de ferro e alumínio, o que resulta numa CTC quase que totalmente dependente da matéria orgânica. Por outro lado, esses solos são, no geral, bastante arejados, o que favorece sobremaneira os processos de oxidação, com reflexos no teor de húmus a ser formado. Nessas condições, o conhecimento das transformações da matéria orgânica é de fundamental importância para a adoção de práticas de manejo adequado.

## **2.2 – Influência dos sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas**

O comportamento das plantas, quer seja daquelas pertencentes à vegetação natural ou as referentes aos ecossistemas agrícolas, depende de uma série de fatores diretos como, temperatura, precipitação e solo. Analisando o solo, temos aqueles elementos que, em combinação, definem diretamente o crescimento das plantas, que são os fatores físicos de crescimento das plantas: potencial de água no solo, aeração, temperatura do solo e resistência à penetração de raízes. Esses fatores físicos de crescimento das plantas são

influenciados pôr outras características físicas, tais como: textura, superfície específica, densidade do solo, estrutura e consistência (ALVES, 1992).

O manejo dos solos na região do cerrado tem sido feito inadequadamente, caracterizando-se pelo preparo e revolvimento excessivo, onde normalmente promove uma acentuada degradação do solo de caráter químico, físico e biológico, comumente verificado sob a forma de erosão e compactação. Os sistemas de preparo usualmente empregados na agricultura tendem a modificar o ambiente físico do solo, perturbando-lhe o equilíbrio.

Sob determinado manejo, as condições físicas do solo tenderão a um estado estável, o qual é dependente das condições edáficas e climáticas. Dessa forma, diferentes sistemas de manejo resultarão, conseqüentemente, em diferentes condições de equilíbrio físico do solo que poderão ser desfavoráveis à conservação do mesmo e à produtividade das culturas. Essas condições diferenciadas são resultantes dos efeitos diferentes que os sistemas de manejo exercem sobre a formação e estabilização dos agregados do solo, os quais são responsáveis pela dinâmica do sistema solo (SILVA et al., 1998).


Segundo SALTON & MIELNICZUK (1995), o sistema de preparo com intensa mobilização, promove remoção da cobertura e a desagregação do solo, tornando-o mais susceptível a formação de crosta superficial, que reduz drasticamente a taxa e volume de infiltração de água. Em sistemas de preparo com uso de cobertura vegetal de aveia + trevo/milho, especialmente no plantio direto, os autores observaram maiores valores de umidade, principalmente na camada de 0-5cm de profundidade. Com o plantio direto também foi verificado menores temperaturas máximas e menor amplitude de variação do que no preparo convencional.

Algumas pesquisas vêm demonstrando que o intensivo preparo do solo atua desagregando as partículas da camada superficial, favorecendo, quando da incidência de chuva, a formação de selamento e encrostamento. Além disso, quando preparado em

condições inadequadas de umidade, há o aparecimento de compactação subsuperficial. Consequentemente, a germinação e o desenvolvimento das plantas são prejudicados, ocorrendo a diminuição da infiltração de água e facilitando o processo erosivo (SILVA, 1980, DALLA ROSA, 1981).

VEIGA & AMADO (1994) relataram também que o preparo do solo resulta numa diminuição do tamanho de agregados, aumento temporário do espaço poroso e da atividade microbiana, além da incorporação dos resíduos, deixando o solo descoberto. Com o passar do tempo há uma diminuição no conteúdo de matéria orgânica e consequentemente, no número de microrganismos, resultando numa menor agregação promovida por estes, havendo maior suscetibilidade à desagregação e transporte, ou seja, maior suscetibilidade à erosão.

Face a importância das áreas de cerrado no Brasil, é indispensável estudar o uso da terra conforme as modernas diretrizes ecológicas, considerando o solo como um complexo físico-químico-biológico. Os problemas de exaustão requerem soluções ecléticas tais como a adoção de métodos integrados de recuperação, que resultem na regeneração dos solos, modificando suas características.

 O cultivo intenso dos solos tem sido uma das principais causas de deterioração de algumas de suas propriedades físicas, principalmente em regiões onde ocorrem altas precipitações. A curto prazo, as alterações sofridas pelo solo com o método convencional são favoráveis às condições requeridas para o crescimento das culturas. No entanto, à medida que o solo é submetido a sucessivos anos de cultivo, há uma tendência para a diminuição gradativa de sua aptidão agrícola pela alteração das suas propriedades físicas (MACHADO, 1976). Para BENATTI JR. et al. (1977), o plantio direto proporciona sensível redução na erosão do solo, entretanto, esta prática não é necessariamente apropriada para todas as regiões.

O cultivo intenso do solo e o seu preparo em condições inadequadas alteram suas características físicas em graus variáveis com a sua natureza.

Segundo BENNETI (1939), o princípio básico da conservação do solo e água é utilizá-lo de acordo com seu potencial agrícola. A partir de uma classificação de capacidade de uso dos solos, deve-se estipular um sistema de manejo que proporcione ao mesmo tempo as menores alterações possíveis comparáveis com as suas condições naturais.

Segundo DIAS JÚNIOR et al. (1996) a compactação aumenta a densidade do solo e a sua resistência mecânica e diminui a porosidade total, o tamanho e a continuidade dos poros. Reduções significativas ocorrem principalmente no volume dos macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados. A compactação do solo pode ter efeitos benéficos ou adversos. Efeitos benéficos têm sido atribuídos à melhoria do contato solo-semente e ao aumento da disponibilidade de água em anos secos. Referente a compactação excessiva pode limitar a absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular, resultando em decréscimo da produção, aumento da erosão e da potência necessária para o preparo do solo.

### **2.2.1 - Densidade do solo.**

A densidade do solo é definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seco a 110°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros, tendo uma tendência de crescer com a profundidade, em virtude de haver um maior adensamento do solo e uma menor proporção de matéria orgânica ao longo do perfil (REICHARDT, 1985).



Sempre que o solo é degradado durante o preparo, ocorre uma diminuição da sua densidade na camada superficial, que é completamente transitória, uma vez que tendem a se recompor após a primeira chuva, podendo aproximar-se do mesmo valor que apresentava antes do preparo (RANEY & EDMINSTER, 1961).

Segundo MEDINA & LEITE (1985), a densidade do solo resulta ser uma propriedade física muito sensível ao tráfego de maquinaria pesada e de pessoal e ao impacto decorrente das gotas das chuvas durante o preparo da área. Isto irá causar modificações, afetando consideravelmente a relação massa volume do solo, sendo que este fator leva uma redução drástica das propriedades transmissoras de fluídos (infiltração).

Segundo BUCKMAN & BRADY (1976), o aumento da densidade do solo em perfil é reflexo da diminuição de matéria orgânica, menor agregação das partículas, menor penetração das raízes e também da compactação ocasionada pelo peso das camadas superiores. Outros fatores como os métodos de cultivo podem modificar o valor da densidade, pois a adição de esterco, em grandes proporções, pode diminuir a densidade do solo, enquanto o cultivo intensivo pode aumentá-la.

O crescimento de raízes, assim como o desenvolvimento e produção de culturas, poderão ser afetados pelo nível de compactação do solo (FLOCKER et al., 1960; PHILLIPS & KIRKHAM, 1962; ROSENBERG, 1964, e VEIHMEYER & HENDRICKSON, 1948). Por outro lado, o tipo de manejo utilizado poderá afetar a densidade do solo (CASSEL, 1982; MEYER & MANNERING, 1961, e SOANE & PIDGEON, 1975, citados por FERNANDES et al., 1983).

Segundo VIEIRA et al. (1984), o não revolvimento periódico do solo provoca um adensamento da camada superficial o que se traduz pelo aumento da densidade do solo. O aumento da densidade do solo reflete na diminuição da sua porosidade.



O sistema de plantio direto produz condições na zona radicular, que podem parecer menos favoráveis ao crescimento de plantas, pois, em alguns trabalhos é detectado o aumento no valor da densidade do solo, com menor volume de poros para o armazenamento de água disponível para as plantas. Contudo, esse sistema tem-se mostrado mais produtivo na cultura do milho, pois diminui as perdas de água por evaporação e perdas de solo transportados pela enxurrada, com o aumento da taxa de infiltração de água (ALBUQUERQUE et al. 1995).

Segundo FERNANDES et al. (1983), diferenças na densidade entre os solos sob sistema de manejo convencional e plantio direto têm sido relatadas como significantes, mas nem sempre são encontradas.

A movimentação do solo e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas contribuem para promover modificações no tamanho dos agregados do solo, resultando em aumento da densidade, redução da porosidade total e aumento na proporção de poros pequenos em relação aos grandes, uma vez que os poros grandes são altamente afetados pelo manejo do solo (CINTRA, 1980 e SILVA, 1980).

Como os sistemas de manejo do solo influenciam os valores da densidade do solo, e conseqüentemente outras características físicas, ela é de grande importância na avaliação de diferentes sistemas de preparo do solo (LARSON, 1964).

Valores elevados de densidade nas camadas superficiais do solo sob plantio direto têm sido encontrados (VIEIRA et al., 1984; IKE, 1986; DERPSCH et al. 1986 e CENTURION, 1987). O não revolvimento do solo e o tráfego que recebe, propicia este comportamento. As diferenças, no entanto, são mais evidentes nas camadas mais próximas da superfície e diminuem com a profundidade (VIEIRA et al., 1984 e CENTURION et al., 1985).



Segundo SIDIRAS et al. (1982), este não revolvimento periódico provoca certo adensamento da camada superficial que se traduz por aumento da densidade do solo e redução da porosidade, devido a diminuição do volume de macroporos.

MACHADO et al. (1981), comparando os efeitos causados nas propriedades físicas do solo pelo cultivo convencional, em relação ao solo sob vegetação de mata virgem, concluíram que as alterações se manifestaram a partir do quarto ano e, após 8 e 14 anos consecutivos de cultivo convencional houve um aumento da densidade do solo.

Segundo LAL (1985), a influência das propriedades físicas na emergência e desenvolvimento do milho, chama a atenção para o fato de que a densidade do solo ótima para a cultura pode ser diferente nos sistemas de plantio direto e sistema convencional.

### 2.2.2 – Umidade do solo

O fluxo de água no solo não é um parâmetro constante e sofre alterações profundas em função dos sistemas agrícolas utilizados. Fatores como cobertura do solo, sistema de cultivo, textura do solo, estrutura, camadas compactadas, crosta superficial, matéria orgânica e fauna do solo interferem significativamente no sistema solo-planta-atmosfera e na sustentabilidade dos sistemas de produção (RIGHES, 1995).

A permeabilidade das diferentes camadas do perfil do solo desempenha importante papel no processo de infiltração. Se os horizontes inferiores não forem suficientemente permeáveis, a infiltração será impedida, mesmo que a camada superficial seja extremamente porosa. Tal condição pode causar erosão, pois a camada superficial, de pouca espessura, satura-se rapidamente, permitindo a remoção imediata do solo pelo deflúvio superficial (MELLO 1987).



BAVER (1937), citado por MACHADO (1976), afirma que a quantidade de água percolada através de um perfil de solo é determinada pelo horizonte menos permeável. Quando este horizonte estiver na superfície, a velocidade do movimento de água através do perfil será limitada pela velocidade de infiltração na superfície.

Solos tropicais com altos índices pluviométricos, ligados a declives acentuados, ausência de práticas conservacionistas, intenso preparo do solo e em condições de umidade acima da ideal, trazem ao agricultor problemas de perda de água e solo (ELTZ et al. 1989).

Grande parte das lavouras mecanizadas apresentam camada compactada abaixo da profundidade de preparo, consequência da execução de operações de preparo em condições de excesso de umidade. O rompimento dessa camada e a melhoria da estrutura do solo através de práticas culturais é indispensável para a prevenção da erosão (VEIGA et al., 1994).

Segundo GALETI (1985), a compactação do solo influi no processo erosivo, pois com a diminuição na infiltração há maior escoamento superficial, podendo a camada acima da região compactada ser carregada pelas águas, quando encharcada.

Segundo BUCKMAN & BRADY (1976), preparos intensivos e inadequados levam à degradação das propriedades físicas do solo, podendo afetar a infiltração e retenção de água, devido ao surgimento de camadas compactadas.

A vegetação e seus resíduos protegem os agregados da superfície contra a desagregação pelo impacto das gotas da chuva e evitam variações bruscas de umidade e temperatura (MIRANDA, 1993).

ALMEIDA et al. (1985) observam que as condições físicas de solo, e a qualidade estrutural é uma das características mais importantes, pois influência na infiltração de água e na maior ou menor suscetibilidade do solo à formação de crosta.



Observam ainda que diferenças de temperatura em solo submetido ao plantio direto e ao convencional, de até 11°C, sendo que o primeiro apresentou uma amplitude térmica de 17°C, enquanto o segundo apresentou uma amplitude de 24°C. A essa redução de temperatura corresponde menor evaporação de água do solo. Essa é uma das razões porque nos terrenos protegidos com cobertura residual, a umidade é mais elevada.

Determinações realizadas por VIEIRA (1981), em cultura de soja, mostraram que o solo sob plantio direto pode conter até 15% a mais de umidade que o convencional, na profundidade de 0-5cm, em períodos de estiagem.

SIDIRAS et al. (1982) observaram no plantio convencional um déficit hídrico de 23% durante veranico, na cultura de soja, enquanto o plantio direto apresentou 20% de água disponível às plantas na camada de 0-10cm de profundidade. Constataram ainda que os resíduos culturais ativam os microrganismos, e as substâncias exsudadas são agentes cimentantes, que melhoram a estabilidade de agregados. ABRÃO et al. (1979) e SILVA (1980) encontraram o mesmo comportamento, o que é explicado, pela menor mobilização do solo no plantio direto, proteção da superfície e acúmulo superficial de resíduos orgânicos.

KOCHHANN (1996) estima que a manutenção de restos culturais na superfície do solo pode aumentar em cerca de 30% a água disponível para as plantas, em relação ao preparo convencional de solo. A presença de restos culturais na superfície do solo evita a pulverização e o selamento dos poros superficiais, dissipa a energia cinética da gota de chuva, fazendo com que a água percole através do perfil de solo. Portanto, reduzindo as perdas de água por evaporação e mantendo-a por mais tempo armazenada no solo. A proteção do solo com coberturas mortas densas e espessas irão protegê-lo favorecendo a infiltração. A influência dessa cobertura na intensidade de infiltração da água relaciona-se com a qualidade e quantidade dos resíduos vegetais que a constituem.

### 2.2.3 – Porosidade total do solo.

É sabido que a porosidade do solo é uma consequência direta da organização dos materiais pedológicos, ou seja, da estrutura do solo. Uma relação estreita entre biologia, manejo do solo e porosidade parece existir, segundo TAVARES FILHO (1995), o qual mostra que em solos compactados a porosidade predominante é de atividade biológica.

Os sistemas de cultivo usualmente empregados na agricultura tendem a modificar o ambiente físico do solo, perturbando-lhe o equilíbrio. Quantificar essas alterações e avaliar-lhes o significado continua sendo o objetivo de grande número de trabalhos em pesquisa agrícola. A influência dos sistemas de cultivo na retenção de água pelo solo se manifesta por alterações havidas na porosidade e no conteúdo de matéria orgânica. O espaço poroso é um importante condicionador desse processo, já que os vazios intra-agregados referem-se a tensões maiores (SHARMA et al., 1968 e FARIAS et al., 1985). Por outro lado, a matéria orgânica também condiciona a retenção de água, graças ao alto poder hidrófilo do húmus e às melhorias proporcionadas à estrutura do solo (KOHNEKE, 1968 e FARIAS et al., 1985).

Em geral, as diferenças na porosidade total têm-se mostrado mais acentuadas na camada removida pela aração, porém não compactada pelas operações subsequentes. Próximo à superfície, essas variações dependem além do sistema de manejo, do clima e da atividade biológica. Tem sido verificado que o cultivo mínimo tem ocasionado um decréscimo de 0 a 6% da porosidade total, com pequenas exceções (BAEUMER et al., 1973 e FERNANDES et al., 1983). O aumento relativo, observado na quantidade de poros de diâmetros médios e pequenos, resultante da redução do número de operações de cultivo, poderá ser de importância na capacidade de retenção de água e na proporção de poros de arejamento, em determinados solos.



A utilização de grade aradora induz a compactação denominada pé-de-grade (CENTURION, 1984; MAZUCHOWSKI et al., 1984 e SEGUY et al., 1984). Esta ocorre imediatamente abaixo da profundidade de operação (10-15 cm), devido ao seu peso elevado, principalmente em regiões onde o preparo do solo é feito continuamente numa mesma profundidade (ALVARENGA et al., 1987). Baseado neste princípio SEGUY et al. (1984) sugerem, para áreas de cerrado do Brasil Central, que o preparo do solo deve ser invertido em relação ao convencional, ou seja, uso de grade aradora para triturar restos culturais e, em seguida, aração.

A aração visa aumentar a porosidade, principalmente através dos macroporos. Por outro lado, o não revolvimento do solo, como ocorre no plantio direto, tende a diminuir a porosidade total e macroporosidade e aumentar a microporosidade, formando assim uma camada compactada próxima a superfície (0-10cm) como explicam VIEIRA et al. (1984); DERPSCH et al. (1986) e CENTURION (1987).

Segundo MAZUCHOWSKI et al. (1984); CENTURION (1987) e CASTRO et al. (1987) a compactação causada pelo arado (pé-de-arado) tem ocorrido aproximadamente 20-25cm de profundidade.

VEEN (1981) relata que o aumento da mecanização na agricultura envolve o uso de máquinas pesadas, as quais, em condições desfavoráveis de umidade do solo, causam compactação. Esta pode ser detectada através da diminuição da porosidade total e macroporos e aumento da microporosidade.

Segundo MACHADO et al. (1981), a diminuição da porosidade total e da macroporosidade e aumento da microporosidade em Latossolo Vermelho-Escuro, cultivado com sistema de preparo convencional, em relação ao solo sob mata virgem, tem sido associado ao decréscimo de matéria orgânica.



A importância da caracterização do espaço poroso do solo é refletida por estudos relativos ao movimento e armazenamento de água e gases, ao desenvolvimento do sistema radicular, ao fluxo e retenção de calor e à resistência que o solo oferece ao trabalho (FARIAS et al., 1985).

A quantidade e distribuição dos poros no solo afeta diretamente a infiltração de água. Apesar do sistema de plantio direto apresentar, em muitos casos, maior densidade do solo na camada superficial e menor macroporosidade, a infiltração de água é comumente maior que no preparo convencional, devido principalmente à diminuição do selamento superficial dos poros pela ação protetora da palha e pelo aumento da tortuosidade do fluxo superficial (ELTZ et al., 1989).

### 2.3 - Influência do preparo do solo nas suas propriedades químicas

PEIXOTO & ELTZ (1986) constataram na região dos Campos Gerais, Paraná, em áreas cultivadas com plantio direto, a ocorrência de um gradiente acentuado da concentração de nutrientes, diminuindo da superfície do solo até a profundidade de 10cm.

➤ Segundo KOCHHANN (1996), as características químicas do solo sob manejo conservacionista são alteradas pelo efeito combinado da presença de resíduos na superfície de solo e o não revolvimento deste, bem como pelo efeito das mudanças nas características físicas do solo. A ausência ou a diminuição de revolvimento de solo pela ação de implementos produz um acúmulo de materiais orgânicos e de nutrientes pouco solúveis na superfície do solo.

➤ CENTURION et al. (1985), estudando os efeitos de sistema de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja, verificaram uma maior concentração de nutrientes na camada mais superficial do solo (0-10cm) nos sistema

reduzidos e de semeadura direta, e uma distribuição mais uniforme na camada de 0-20cm nos sistemas convencional e de super preparo (duas arações, gradagens pesada e niveladora).

No sistema de plantio direto, por causa da localização dos fertilizantes adicionados e das menores perdas por erosão, há maior acúmulo de nutrientes na superfície, especialmente de fósforo, que pode apresentar teores até 10 vezes superiores em relação as camadas subsuperficiais (MUZILLI, 1983; CENTURION et al., 1985; ELTZ et al., 1989).

RAMOS (1977) observou teores de fósforo mais elevados nas folhas de milho sob plantio direto, em relação ao plantio convencional, atribuindo esse fato a maiores teores de água no solo sob plantio direto, os quais teriam favorecido o processo de difusão de fósforo até as raízes das plantas.

MUZILLI (1983) em pesquisas feitas durante vários anos constatou o acúmulo de cálcio, magnésio e potássio trocáveis, bem como de fósforo extraível, nas camadas superficiais, sob plantio direto, em comparação ao plantio convencional. Nesses casos, não foram, no entanto, constatados reflexos nos teores de matéria orgânica, bem como nos processos de reacidificação do solo, entre os dois sistemas de manejo.

Segundo MUZILLI (1983) e CENTURION et al. (1985), solos cultivados no plantio direto apresentam maior concentração de nutrientes e matéria orgânica na camada superficial do perfil (0-5cm). Esse acúmulo ocorre em virtude da contínua aplicação de fertilizantes a uma pequena profundidade, aliada à deposição dos resíduos das culturas sobre a superfície, permanecendo ali pelo não revolvimento do solo.

BAYER & BERTOL (1999), estudando as características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistema de preparo, com ênfase à matéria orgânica, observaram que na fração grosseira, em um período de 13 anos, que os incrementos de

carbono orgânico e nitrogênio foram de 85 e 45%, respectivamente, no preparo reduzido, e de 275 e 230%, respectivamente, no plantio direto, demonstrando ser um atributo adequado para avaliar o efeito de sistema de manejo a curto prazo.

Segundo HUE et al., (1986) a calagem é uma das principais práticas recomendadas para a redução da acidez e de níveis tóxicos de alumínio trocável e, elevação da CTC efetiva e do conteúdo de bases trocáveis. No entanto, esta prática pode acarretar mudanças físico-químicas no solo, favorecendo a dispersão da argila. Outra prática agrícola bastante utilizada é a incorporação de resíduos vegetais, que podem reduzir significativamente os teores de alumínio trocável e elevar o pH. A intensidade desses efeitos depende do tipo e da quantidade de material incorporado. Os teores de alumínio trocável podem ser reduzidos significativamente com a incorporação de leguminosas, enquanto que a incorporação de gramíneas pode não acarretar em uma redução significativa. A composição do material orgânico incorporado tem influência na duração de seu efeito sobre as cargas negativas do solo.

#### **2.4- Matéria Orgânica**

A matéria orgânica do solo é de fundamental importância na manutenção da produtividade dos solos, sua presença produz sensíveis alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Através da preservação da fertilidade em equilíbrio com as características físicas desejáveis às culturas, tais como: infiltração, porosidade, densidade, capacidade de armazenamento de água, etc. Essas condições aliadas à matéria orgânica e à atividade biológica do solo, promovem melhor resistência à ação da erosão (BERTONI et al. 1972 e MONDARDO, 1984).



A matéria orgânica do solo constitui importante fonte de energia e nutrientes para os organismos que o habitam, bem como de nutrientes minerais para as plantas. Nas propriedades químicas e físico-químicas do solo, a matéria orgânica tem sua importância ressaltada na reação do solo, nos conteúdos de bases trocáveis e na capacidade de troca catiônica, propriedades essas que muito contribuem no suprimento de nutrientes às plantas (KIEHL, 1979).

Segundo MELLO et al. (1985) a matéria orgânica exerce múltiplos efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do terreno, alterando-lhe, para melhor, o nível de fertilidade e produtividade.

Em relação à fertilidade do solo, a matéria orgânica é responsável pela retenção de nutrientes (CTC), que seria extremamente baixa se dependesse unicamente da atividade da argila. Quando acrescentados no solo, por incorporação, ou deixados à superfície, os materiais orgânicos constituem uma reserva de nutrientes, que será colocada à disposição das plantas em crescimento aos poucos através da atividade biológica de decomposição e mineralização.

Em relação às propriedades físicas do solo, a matéria orgânica, em suas frações mais finas (polissacarídeos) atua como agente cimentante dos microagregados, possibilitando a manutenção de sua estrutura, a porosidade e o movimento de água (LANDERS, 1995).

Segundo HARRIS et al. (1966), a matéria orgânica é um dos principais agentes cimentantes das partículas primárias e secundárias do solo, influenciando na qualidade estrutural. A formação de agregados e sua estabilidade são determinadas pelo suprimento contínuo de resíduos orgânicos (raízes, folhas e caules) e sua decomposição no solo pela atividade microbiana. Desta forma, a consorciação de gramíneas que possuem um sistema radicular abundante e em constante renovação, e leguminosas que fixam

nitrogênio, acelerando a decomposição, é o método mais eficiente para a estruturação do solo.

Com a decomposição da matéria orgânica do solo os microrganismos vão atuar diretamente nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes sendo responsáveis pelos processos de mineralização e imobilização de elementos como: N, P, S (BALOTA, 1997).

### **2.5- Manejo da matéria orgânica do solo**

O manejo dos restos culturais e o grau de preparo do solo afetam sua temperatura, umidade, aeração e distribuição desses resíduos na camada arável (CATELLAN et al., 1990).

A matéria orgânica, como parte do sistema, também é influenciada pelas práticas de manejo e, do ponto de vista de sua dinâmica e dos elementos químicos que se encontram a ela associados, é pouco estudada (PARRA, 1986).

Segundo COSTA (1985), na maioria das pesquisas leva-se em conta apenas os aspectos quantitativos da matéria orgânica, deixando de lado a sua qualidade, que é tão importante quanto a quantidade. O manejo do solo afeta a quantidade e também influencia a qualidade. O resíduo vegetal, do qual a matéria orgânica do solo é desenvolvida, é um fator associado aos dois aspectos discutidos. Percebe-se que uma área coberta com vegetação homogênea e outra heterogênea devem afetar o equilíbrio da matéria orgânica do solo. Plantas que produzem resíduos orgânicos ricos em nutrientes, como é o caso das leguminosas nativas e cultivadas, tendem a ter uma decomposição muito rápida, porque podem suportar uma população microbiana mais ativa. No caso específico de leguminosas, cultivadas continuamente em uma dada condição, é possível que ocorra até redução do teor de matéria orgânica do solo.



## 2.6– Influência do preparo do solo nas suas propriedades biológicas

Dos fatores que afetam a biologia do solo, pode-se salientar, pela sua importância, a disponibilidade de matéria orgânica. É desta que organismos vivos do solo obtêm a energia e os elementos minerais e orgânicos para a realização de seus processos vitais (KOCHHANN, 1996)

Segundo PRIMAVESI (1982), o principal benefício proporcionado pelos macro e microrganismos diz respeito à sua função básica relacionada à decomposição do material orgânico e liberação das substâncias químicas em forma prontamente assimilável, contribuindo decisivamente para o fenômeno da reciclagem. Entretanto, outros benefícios são observados, como aqueles proporcionados por macrorganismos, como o coró, minhoca e outros que habitam o solo, abrindo galerias, aumentando assim a permeabilidade, a aeração do solo, além de ampliar o perfil de fertilidade. Podem ainda contribuir para a sua estrutura através de exudatos gomosos. No entanto, esta função, pode ser anulada pela escassez de matéria orgânica, pois na falta desta, os microrganismos recorrem a este material, utilizando-o em sua alimentação, promovendo conseqüentemente a desestruturação do solo.

A presença dos organismos vivos no solo é um fato positivo, funcionando como indicativo da predominância de condição favorável, representada pelo balanço satisfatório das propriedades físicas e químicas do sistema. Isso proporciona, mediante avaliações periódicas da sua atividade, a possibilidade da determinação dos efeitos de impactos oriundos das diferentes práticas agrícolas, componentes do sistema de produção adotado (DERPSCH, 1985).

Na manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição da matéria orgânica é fundamental, pois esta manutenção e melhoria só poderá ser

alcançada e mantida via biológica, isto é, macro e microbiológica e da decomposição do material orgânico (ALVES, 1992).

## 2.7 – Plantio Direto

Segundo KOCHHANN (1996), a camada de resíduos, na superfície do solo atua como isolante físico que ameniza o efeito das condições ambientais no mesmo. Em solos com cobertura morta, a temperatura máxima é menor e a temperatura mínima é maior do que em solos sem resíduos na superfície. Estes resíduos também diminuem o efeito dispersante das gotas de chuva, uma vez que a energia cinética das gotas é dissipada pelos mesmos antes de atingir a superfície do solo. Além disso, a velocidade da enxurrada é menor, porque a água tem que escorrer entre os obstáculos que os resíduos representam. A energia do vento na superfície também é dissipada pelos resíduos, reduzindo a velocidade, e conseqüentemente, a evaporação de água.

O plantio direto por ser um sistema conservacionista de preparo do solo contribui significativamente para diminuição da erosão. Por ser um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a mobilização é efetuada apenas na linha de semeadura, mantendo os restos de cultura anterior na superfície, protege o solo contra a chuva e permite maior infiltração da água do perfil. O solo coberto com resíduos culturais apresenta melhoras em sua estrutura na camada superficial, devido ao aumento de umidade e de matéria orgânica e à proteção contra chuva e enxurradas (MARIA & CASTRO 1993).

O sistema de manejo em plantio direto proporciona maior tamanho de agregados estáveis em água que o preparo convencional do solo, possivelmente devido a não destruição mecânica dos agregados pelos implementos de preparo do solo, maior densidade do solo na superfície e proteção que a palha oferece sobre a superfície (ABRÃO



et al., 1979, MENDES, 1982, NOLLA, 1983, BONFANTE, 1983, ALVARENGA et al., 1986). É de esperar, portanto, maior resistência à erosão dos solos manejados no sistema de plantio direto que em preparo convencional.

VIEIRA (1985) menciona que no plantio direto estima-se que  $128\text{m}^3$  de solo são movimentados por hectare, enquanto que no preparo convencional  $3.728\text{m}^3$  são revolvidos, considerando as operações de preparo e semeadura.

Pela não movimentação do solo no plantio direto aumenta o diâmetro médio de agregados, com conseqüente melhoria da estrutura do solo. O aumento na agregação e na estabilidade de agregados pode estar relacionado ao conteúdo de matéria orgânica (MACHADO, 1976).

Segundo VIEIRA (1985), ao se analisar um solo cultivado no sistema de plantio direto pode-se concluir que este apresenta algumas características que favorecem a infiltração, como presença de cobertura morta, maior estabilidade da estrutura, e outras que a desfavorecem, como: alta densidade do solo na camada superficial e baixo volume de macroporos. A condutividade hidráulica tem sido pouco estudada dentro dos trabalhos de preparo do solo, porém, são relatados casos de maiores valores deste parâmetro em plantio direto, principalmente devido à continuidade e rigidez dos poros, apesar destes apresentarem-se em menor volume neste sistema.

Do ponto de vista físico, em geral solos cultivados, segundo ELTZ et al. (1989), no sistema de plantio direto, sofrem uma compactação devido ao não revolvimento do solo ao tráfego de máquinas e implementos em sua superfície com excessiva umidade de solo ocorrendo uma consolidação natural, apresentando maior densidade na camada superior, principalmente em solos argilosos. Resultados neste sentido foram obtidos por VIEIRA et al. (1978), ABRÃO et al. (1979), FERNANDES et al. (1983), KOCHHANN (1996). Entretanto, MACHADO et al. (1978) encontraram resultados diversos, pois o solo



em que trabalhavam apresentou menor densidade no plantio direto que no preparo convencional, na camada superficial.

MUZILLI (1985) afirma que a cobertura morta que se acumula sobre o solo no plantio direto contribui para maior armazenamento de água através da formação de uma camada isolante que impede maior evaporação da água. Esse armazenamento possibilita melhor uniformidade na germinação das sementes e no crescimento das plantas. A cobertura contribui ainda indiretamente para maior conservação da água no solo e no controle de ervas daninhas, as quais iriam consumir grande parte da água por transpiração.

A cobertura morta exerce papel importante ao reduzir as perdas por evaporação, diminuindo as variações de umidade, principalmente na camada superficial. Do ponto de vista agrônomo, a importância de manter a umidade do solo está na influência que exerce principalmente no crescimento radicular, absorção de íons e água e nas atividades micro e microbiológicas do solo.

Segundo SALTON et al. (1995) o plantio direto apresenta maior umidade na camada superficial, mantendo-se por mais tempo na faixa de água disponível para as plantas, provavelmente em função da cobertura do solo, que reduziu as perdas por evaporação. Já no preparo convencional ocorre o inverso, principalmente na camada de 0 – 5cm de profundidade.

A técnica de plantio direto tem sido preconizada como uma alternativa para evitar os efeitos indesejáveis do preparo do solo, realizado de forma repetitiva e inadequada. Entretanto, não se pode esperar que o efeito do cultivo intensivo por diversos anos seja resolvido de imediato com a adoção de tal prática, uma vez que fatores como adequação à cultura, ao solo, às condições climáticas regionais e aos fatores naturais devem ser levados em conta.



CORSINI & FERRAUDO (1999) relatam que nos três primeiros anos agrícolas, o sistema de plantio direto diminuiu a porosidade e o potencial de desenvolvimento radicular da camada superficial do solo; somente a partir do quinto ano agrícola é que esses parâmetros começaram a crescer.

ELTZ et al. (1989) obtiveram resultados com o uso contínuo do plantio direto no inverno e no verão, onde aumentou a estabilidade de agregados na camada superficial (0-5cm), bem como a disponibilidade de nutrientes nos 2cm superficiais do solo. Este sistema produziu 22% a mais de grãos, no período analisado, que o preparo convencional contínuo.



### 3- MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1- Localização e descrição do experimento.

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no Município de Selvíria-MS, com latitude de 20° 22' S, longitude 51° 22' W e altitude de 335m. O clima da região é classificado como Aw, caracteriza-se por uma temperatura média anual de 23,7°C com média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) de 25,7°C e a dos meses mais frios (junho e julho) de 20,6°C. A precipitação pluviométrica média anual está em torno de 1.300 mm, predominantemente no período de outubro a março. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso (DEMATTE, 1980).

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, utilizando seis repetições e quatro tratamentos: uma área sob vegetação nativa (T1), sistema convencional de preparo de solo (uma aração com grade pesada e duas gradagens de nivelamento) com 20 anos (T2), sistema de plantio direto, com 5 anos de cultivo (T3), e 10 anos de cultivo (T4).

#### 3.2 – Descrição das áreas utilizadas

##### 3.2.1 – Vegetação nativa

Área com vegetação natural de cerrado onde predominam as formas arbustivas em solo profundo, pouco fértil, mais conhecida como cerradão.



### 3.2.2.- Plantio Convencional

Área de produção foi cultivada com milho (*Zea mays* L.) no verão e pousio no inverno. A calagem é feita para elevar a saturação para 70% e adubação com 80 Kg/ha de N<sub>2</sub>, 75 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 Kg/ha de K<sub>2</sub>O. O preparo do solo foi realizado nestes anos com arado de disco, grade aradora, escarificação, grade niveladora, plantio e cultivo sem o uso de herbicida. A área vem sendo cultivada há 20 anos e sem irrigação.

### 3.2.3. – Plantio direto 5 anos

O cultivo nesta área esta sendo feito há cinco anos com o sistema de plantio direto, sem irrigação. A sequência das culturas tem sido: milho (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* (L) Merrill), guandu e milheto. Nesta área não foi feita calagem e a adubação do milho tem sido feita com 80 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 114 Kg/ha de N<sub>2</sub>, e 90 Kg/ha de K<sub>2</sub>O para plantio e cobertura e a adubação da soja tem sido feita com 75 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10 Kg/ha de N<sub>2</sub> e 80 Kg/ha de K<sub>2</sub>O no plantio já para o guandu não há adubação. O controle de plantas invasoras tem sido feito quimicamente.

### 3.2.4 – Plantio direto 10 anos

Esta área vem sendo cultivada há 10 anos, com o sistema de plantio direto. A sequência das culturas tem sido: milheto, soja ( *Glycine max* (L) Merrill), milho (*Zea mays* L.). A adubação do milho tem sido feita com 80 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 114 Kg/ha de N<sub>2</sub>, e 90 Kg/ha de K<sub>2</sub>O para plantio e cobertura e a adubação da soja tem sido feita com 75 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10 Kg/ha de N<sub>2</sub> e 80 Kg/ha de K<sub>2</sub>O e a calagem foi feita a cinco anos atrás para elevar a saturação para 70%. O controle de plantas invasoras tem sido feito quimicamente.

### **3.3- Amostragem do solo**

As amostras foram coletadas no mês de dezembro de 1998 para análises físicas, químicas e para população de macroorganismos foi no mês de março de 1999. Em cada uma das áreas foram coletadas amostras de solo ao acaso nas profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20m.

### **3.4- Análises**

#### **3.4.1 – Físicas**

As análises físicas realizadas foram: umidade, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, de acordo com a metodologia de KIEHL (1979) e BLAKE (1965).

##### **3.4.1.1 - Umidade do solo**

A umidade de solo a base de massa foi avaliada nas profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20m. O método empregado foi o de pesagem (método clássico: peso úmido-peso seco).

##### **3.4.1.2 - Densidade do solo**

Para a determinação da densidade do solo usou-se o método do anel volumétrico, cujo o volume foi de aproximadamente  $100\text{cm}^3$ , nas profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20m de acordo com o método descrito por BLAKE (1965).



### 3.4.1.3 - Porosidade total, microporosidade e macroporosidade

Foi determinada segundo VOMOCIL (1965) e LEANER & SHAW (1941), modificado por KIEHL (1979), pelo método da mesa de tensão, o qual é uma adaptação do método do Funil (SCHOFIELD, 1953). Baseia-se na sucção da água de uma amostra de solo indeformada e saturada, contida em um anel metálico cilíndrico com volume conhecido (aproximadamente  $100\text{cm}^3$ ), utilizando a pressão de uma coluna de água com 60 cm de altura sob a mesa de tensão, exercendo uma pressão negativa correspondente aproximadamente 0,006 atmosfera.

### 3.4.2- Químicas

Foram determinados os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica e pH de acordo com a metodologia descrita em RAIJ & QUAGGIO (1983).

### 3.4.3- Avaliação da população macrobiana

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-0,05 e 0,05-0,10m com o auxílio de uma enxada e de um quadrado de ferro com as seguintes dimensões 0,50 x 0,50m e cujo o volume coletado é de  $0,0125\text{m}^3$  de solo. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, visando minimizar as perdas de água e de organismos. O material foi peneirado em uma peneira de 4mm de abertura de malha e após foi feita a separação dos macrorganismos, os quais foram colocados em vidros contendo solução de álcool 70%. Realizou-se a identificação e a contagem com o auxílio de uma “lupa” de acordo com a metodologia descrita em NAKANO et al. (1981).



### 3.4.4- Análise Estatística

Os valores obtidos foram interpretados pela análise de variância e o teste de Tukey a 5% para comparação de médias, segundo BANZATTO e KRONKA ( 1989 ).



## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Características físicas

#### 4.1.1 - Densidade do solo

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, nota-se que houve diferença significativa ao nível de 5% na camada de 0,00–0,05m de profundidade em todos os tratamentos, sendo que, na área sob vegetação nativa, ocorreu a menor densidade do solo, o que pode ser justificado pela maior concentração de matéria orgânica. Observa-se ainda que a área sob plantio direto, com cinco anos, foi o tratamento que apresentou a maior densidade do solo, sendo assim, maior compactação do solo, provavelmente devido ao não revolvimento periódico do solo e ao intenso tráfego de máquinas.

**Tabela 1.** Densidade do solo ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00–0,05	0,05–0,10	0,10–0,15	0,15–0,20
Área sob mata nativa	0,96 a	1,18 a	1,28 b	1,30 b
Área sob plantio convencional	1,25 b	1,29 ab	1,46 a	1,53 a
Área sob plantio direto 5 anos	1,45 c	1,52 b	1,52 a	1,45 a
Área sob plantio direto 10 anos	1,27 d	1,44 b	1,44 a	1,39 ab

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,0553

C.V. (%) = 5,376920

Nota-se ainda que na camada de 0,00-0,05m de profundidade todos os tratamentos apresentaram menor densidade do solo que nas demais profundidades, o que justifica pela maior concentração de matéria orgânica da mesma. Por outro lado, o não revolvimento periódico do solo no sistema de plantio direto provoca certa compactação das

camadas resultando em aumento da densidade do solo, temporariamente, uma vez que com o passar de tempo essas camadas também tendem a diminuir sua densidade do solo.

Os resultados mostram que o manejo mecanizado e, principalmente à cobertura vegetal, tem influência sobre a densidade do solo, sendo que os tratamentos mecanizados apresentaram maiores valores de densidade devido provavelmente ao processo de compactação. As menores densidades do solo na área sob vegetação nativa, em relação aos demais tratamentos, deve-se possivelmente à cobertura vegetal e ao maior teor de matéria orgânica, fatores esses, também salientados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

De acordo com FERNANDES et. al (1983), os solos não mobilizados, principalmente argilosos, tendem a apresentar um arranjo natural das partículas o que resulta em um aumento temporário da densidade do solo, ao passo que a longo prazo, esta tende a aumentar na camada mais profunda e diminuir na superfície devido a concentração de matéria orgânica. Segundo esses mesmos autores, é comum encontrar na literatura, afirmações de que a densidade do solo no sistema de plantio direto é superior à do sistema de manejo convencional, sobretudo nos trabalhos que não utilizam o milho em rotação.

#### 4.1.2 – Umidade do solo

Ao observar os valores da Tabela 2 verifica-se que a umidade do solo, apresentou diferença significativa ao nível de 5% na camada de 0,00–0,05m de profundidade na área sob vegetação nativa em relação aos demais tratamentos, os quais foram iguais entre si. Analisando as demais profundidades, observa-se que as mesmas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que, as diferenças mais acentuadas ocorreram entre a área sob vegetação nativa e a de plantio direto com 10 anos.

Na área sob vegetação nativa observa-se um menor teor de água em relação aos demais tratamentos, o que provavelmente deve-se à grande infiltração de água nesse solo, facilitado pelo sistema radicular dos vegetais e galerias cavadas pelos insetos, (micro e macro fauna).

Pode-se observar também que ocorreu uma maior retenção de água na área sob plantio direto em relação as demais, o que deve principalmente ao acúmulo de material orgânico sobre o solo, protegendo-o contra a perda de água por evaporação.

MUZILLI (1985) afirma que o acúmulo de material orgânico sobre o solo no plantio direto contribui para mais alto armazenamento de água através da formação de uma camada isolante que impede maior evaporação de água. Esse armazenamento possibilita melhor uniformidade na germinação das sementes e no crescimento das plantas.

O solo coberto com resíduos culturais apresenta melhoras em sua estrutura na camada superficial, devido ao aumento de umidade e de matéria orgânica e à proteção contra chuvas e enxurradas.

**Tabela 2.** Umidade do solo ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00–0,05	0,05–0,10	0,10–0,15	0,15–0,20
Área sob vegetação nativa	0,18 a	0,16 c	0,16 c	0,17 a
Área sob plantio convencional	0,20 b	0,20 ab	0,19 b	0,19 b
Área sob plantio direto 5 anos	0,21 b	0,19 b	0,19 b	0,20 b
Área sob plantio direto 10 anos	0,21 b	0,21 a	0,22 a	0,22 c

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente e entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,8524

C.V. (%) = 5,825695

#### 4.1.3 – Porosidade total, macroporosidade e microporosidade

Os valores apresentados na Tabela 3 mostram que, todas as camadas, das áreas cultivadas, apresentaram menor valor de porosidade total, sendo que na camada de 0,00-0,05m, a diferença mais acentuada se deu entre a área sob vegetação nativa e a de plantio direto com 5 anos.

A maior ocorrência de porosidade total na camada superficial com cultivo convencional do que na área de plantio direto, pode estar ligado ao fato de que as operações de aração e gradagem, segundo MELLO FILHO & SILVA (1993), tenderam a aumentar a porosidade da camada arada, o que não aconteceu na área de plantio direto,



onde o tráfego de máquinas, mesmo pouco intenso e o não revolvimento, tende a compactar o solo desde a superfície.

Segundo BOLLER (1996), com a degradação da estrutura em áreas cultivadas, há uma alteração da relação massa/volume dos componentes do solo em função da diminuição da porosidade total e da macroporosidade. Isto ocorre principalmente na base da camada arável, resultando no surgimento de uma camada compacta. Essa camada se forma mais rapidamente no solo com uso excessivo do equipamento de cultivo em uma profundidade constante de aração e preparação com um percentual de umidade excessivo.

**Tabela 3.** Porosidade total do solo ( $m^3.m^{-3}$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	0,54 a	0,52 a	0,48 a	0,48 a
Área sob plantio convencional	0,50 a	0,47 a	0,42 b	0,41 b
Área sob plantio direto 5 anos	0,43 b	0,39 b	0,41 b	0,42 b
Área sob plantio direto 10 anos	0,48 c	0,44 b	0,44 b	0,44 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,021269

C.V. (%) = 6,185425

Na Tabela 4, os dados de macroporosidade mostram que houve diferença significativa, ao nível de 5%, entre a área sob vegetação nativa e os demais tratamentos, onde esta, apresenta maior número de macroporos em relação as demais.

Apesar de, em todas as camadas estudadas, ter-se verificado diferenças significativas para tratamentos, o que se observa é que, a diferença praticamente só existe entre áreas cultivadas e não cultivadas. No sistema de plantio direto na camada superficial, observou-se um aumento da macroporosidade, sendo que este aumento está relacionado provavelmente com a diminuição da densidade do solo na respectiva profundidade.

Segundo experimentos realizado por LAWS & EVANS (1949) estes obtiveram uma redução da macroporosidade e, conseqüentemente, um aumento da

microporosidade, em solos intensivamente cultivados, ao longo da profundidade do perfil, embora a porosidade total não variasse muito. Esses autores atribuem isso a uma compactação sofrida pelo solo durante o cultivo.

Para MACHADO et al. (1981) a diminuição da porosidade total e da macroporosidade e aumento da microporosidade em Latossolo Vermelho cultivados com sistema de preparo convencional, em relação ao solo sob mata virgem, têm sido associado ao decréscimo de matéria orgânica.

O não revolvimento do solo, como ocorre no plantio direto, tende a diminuir a porosidade total e macroporosidade e aumentar a microporosidade, formando assim uma camada compacta próximo à superfície (0-10cm), como explicam VIEIRA & MUZILLI (1984) e CENTURION (1987).

**Tabela 4.** Macroporosidade do solo ( $m^3.m^{-3}$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	0,26 a	0,19 a	0,14 a	0,13 a
Área sob plantio convencional	0,14 b	0,10 b	0,07 b	0,06 b
Área sob plantio direto 5 anos	0,11 b	0,08 b	0,09 b	0,11 ab
Área sob plantio direto 10 anos	0,16 b	0,09 b	0,07 b	0,09 ab

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,026704

C.V. (%) = 29,37281

Os valores de microporosidade (Tabela 5) mostram que, apenas nas camadas 0,00-0,05 e 0,05-0,10m, se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que nessas, o que mais se destaca é a diferença entre a área sob vegetação nativa e a de preparo convencional. Segundo FERNANDES et al. (1993) o aumento relativo da quantidade dos microporos pode ser de grande importância em determinados solos, para a capacidade de retenção de água e para a proporção de poros para a aeração.

Em todas as camadas os valores de porosidade mostram-se coerentes quando se visualiza a porosidade como um todo, ou seja, a medida que aumenta macroporos diminui os microporos.

**Tabela 5.** Microporosidade ( $m^3.m^{-3}$ ) do solo para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	0,28 a	0,33 a	0,34 a	0,34 a
Área sob plantio convencional	0,36 b	0,38 b	0,35 a	0,34 a
Área sob plantio direto 5 anos	0,31 c	0,31 a	0,32 a	0,31 a
Área sob plantio direto 10 anos	0,31 c	0,35 a	0,35 a	0,35 a

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,016914

C.V. (%) = 6,680328

## 4.2 – Características Químicas

Nas Tabelas 06 a 15 são apresentadas as características químicas do solo (fósforo; matéria orgânica; pH; potássio; cálcio; magnésio; acidez potencial; alumínio; CTC e saturação por bases).

### 4.2.1 – Matéria Orgânica

De acordo com os valores de matéria orgânica (Tabela 6) nota-se uma diminuição no teor à medida que se aprofunda no perfil do solo, sendo que na camada superficial, de 0,00-0,05m de profundidade, na maioria das áreas estudadas, ocorre uma maior concentração de matéria orgânica em relação as demais profundidades. Além disso, observa-se que as áreas sob plantio direto com cinco e dez anos apresentam maior teor de matéria orgânica em relação a plantio convencional. Diante desses resultados, vale

ressaltar que o acúmulo de matéria orgânica no solo, proporcionado pelo plantio direto, nem sempre é revelado pela análise de carbono, pois esse, é facilmente convertido em gás carbônico, nas condições tropicais (NASCIMENTO et al. 1993).

**Tabela 6.** Teores de matéria orgânica ( $\text{g/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	46,67 a	29,17 a	23,16 a	22,83 a
Área sob plantio convencional	28,67 c	28,83 a	26,00 a	23,67 a
Área sob plantio direto 5 anos	37,33 b	27,83 a	27,00 a	26,33 a
Área sob plantio direto 10 anos	38,17 b	29,33 a	27,33 a	27,83 a

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 2,532

C.V. (%) = 11,38605

O maior teor da matéria orgânica na camada de 0,00-0,05m de profundidade na área sob vegetação nativa, deve-se ao fato de uma menor oxidação da mesma, e portanto, uma tendência de maior concentração.

Analisando a área sob plantio convencional observa-se que a camada superficial de 0,00-0,05 é a que apresenta menor teor de matéria orgânica o que pode ser justificado pela maior oxidação de carbono, proporcionado pelo constante revolvimento do solo. De maneira geral, o teor de matéria orgânica do solo tende a diminuir à medida que aumenta o tempo de cultivo, sendo essa redução atribuída às perdas por erosão e, principalmente, a uma maior oxidação daquele componente em área de plantio convencional.

De maneira geral, o teor de matéria orgânica do solo tende a diminuir à medida que aumenta o tempo de cultivo, sendo essa redução atribuída às perdas por erosão e, principalmente, a uma maior oxidação daquele componente em área de plantio convencional. Segundo DALLA ROSA (1981) o teor de matéria orgânica é facilmente reduzido em áreas exploradas com lavouras anuais submetidas a sucessivos preparos

convencionais com arações e gradagens. Isto ocorre principalmente pelo transporte via erosão hídrica do solo e pela acelerada decomposição causada pelo cultivo.

HAYNES (1980) sugere que a redução de pequenas camadas de ar no espaço poroso, cria condições desfavoráveis para a mineralização dos componentes nitrogenados, tendo conseqüências no teor de matéria orgânica.

#### 4.2.2 – Fósforo

Os resultados da análise dos teores de fósforo solúvel revela um decréscimo com o aumento da profundidade do solo.

Na profundidade de 0,00–0,05m observa-se uma diferença significativa a nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos, constatando-se um aumento significativo do teor de fósforo na área de plantio direto com dez anos (30,50 mg/dm<sup>3</sup>), quando comparada com a área sob vegetação nativa (10,50 mg/dm<sup>3</sup>).

Nas camadas de 0,10–0,15 e 0,15–0,20m de profundidade não houve diferença significativa a nível de 5% de probabilidade. Já na camada de 0,05–0,10m de profundidade houve diferença significativa entre plantio convencional e plantio direto enquanto que a área sob plantio convencional foi estatisticamente igual a área sob vegetação nativa.

Em todas as camadas a área sob plantio direto com 10 anos foi a que apresentou, maior teor de fósforo, mesmo não mostrando diferença significativa. Em todos os casos este acúmulo, pode ser devido a adição de adubo ao longo dos anos de cultivo da área ou ainda, segundo MUZILLI (1985), o maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo sob plantio direto é explicado pela baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos. Sobretudo conforme salienta RAIJ (1996) em solos de natureza ácida e contendo altos teores de argila e sesquióxidos de ferro e alumínio.

Tabela 7. Teor de fósforo ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) do solo para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	10,50 b	7,50 a	6,00 a	5,33 a
Área sob plantio convencional	18,17 ab	11,50 a	10,33 a	7,33 a
Área sob plantio direto 5 anos	15,00 b	12,83 b	9,67 a	8,00 a
Área sob plantio direto 10 anos	30,50 a	24,50 b	13,00 a	13,50 a

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 5,6204

C.V. (%) = 58,34119

Além disso, deve ser considerados que no sistema de plantio direto, há uma tendência de acúmulo de matéria orgânica, embora nem sempre evidenciado pela análise de carbono. Mesmo assim, o processo contribui significativamente para o aumento do teor de fósforo e de outros nutrientes no solo. Nesse sentido, vale ressaltar as considerações de NASCIMENTO et al. (1993) de que nas condições tropicais, o processo de mineralização da matéria orgânica é intenso, e portanto, todo material orgânico adicionado ao solo, se transforma rapidamente, tendo o carbono convertido a gás carbônico que se perde para a atmosfera, deixando a parte mineral no solo.

#### 4.2.3 – Potássio

A Tabela 8 apresenta os valores de potássio trocável onde se pode observar que apenas na profundidade 0,00-0,05m, se verifica diferenças significativas entre tratamentos. Nessa camada, os valores de potássio trocável foram significativamente superiores nas áreas sob plantio direto quando comparadas com as áreas sob plantio convencional e vegetação nativa. Os elevados valores dessa característica, observados para as áreas de plantio direto, reforça os argumentos de que o sistema proporciona um enriquecimento do solo sob esse aspecto.

**Tabela 8.** Teores de potássio ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	1,25 a	0,72 a	0,37 a	0,32 a
Área sob plantio convencional	1,27 a	0,52 a	0,30 a	0,23 a
Área sob plantio direto 5 anos	3,58 b	1,95 a	1,35 a	0,87 a
Área sob plantio direto 10 anos	3,50 b	2,12 a	1,75 a	1,58 a

\*Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,0792

C.V. (%) = 77,25810

Considerando que esse sistema de cultivo proporciona uma maior deposição de material orgânico na superfície do solo, é bastante lógico admitir que quando da decomposição desse material, a parte orgânica, é na maior parte, convertida em gases enquanto os minerais tendem a permanecer no solo. Aliado a isso, deve-se considerar também que essas áreas recebem adubações, predominantemente na camada superficial, e portanto, contribui igualmente para uma maior concentração mineral na referida camada. Os valores observados no presente trabalho, mostram-se coerentes com a literatura e principalmente concordantes com as considerações de MUZILLI (1983) e CENTURION et al. (1985).

#### 4.2.4 – Cálcio

Os teores de cálcio trocável (Tabela 9) mostram que, na profundidade de 0,00-0,05m, as áreas sob plantio direto apresentaram maiores valores que as demais. Ressalta-se que nesse aspecto, principalmente a área sob plantio direto por 10 anos, apresenta um teor de cálcio bem superior aos da área sob plantio convencional e vegetação nativa. Quando se compara o teor de cálcio das áreas cultivadas com a área sob vegetação nativa em, diferentes profundidades, verifica-se que essas, apresentam considerados teores de nutrientes até mesmo na camada de 0,15-0,20m. Tal observação pode ser justificada

pelo fato dessas áreas receberem calagem e adubação o que proporciona um incremento de cálcio nas mesmas quando comparadas com a área sob vegetação nativa, cujo teor de cálcio, decresce acentuadamente com a profundidade.

O elevado teor de cálcio encontrado na área sob plantio direto por 10 anos, pode também ser justificado pelo acúmulo e posterior mineralização de material orgânico além de adubos contendo cálcio que normalmente são aplicadas superficialmente (MUZILLI 1985 e CENTURION et al. 1985).

**Tabela 9.** Teores de cálcio ( $\text{mmolc/dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	15,83 a	4,50 a	2,33 b	2,17 a
Área sob plantio convencional	18,83 a	18,83 b	17,33 a	14,50 b
Área sob plantio direto 5 anos	19,50 ab	14,67 b	15,50 a	14,83 bc
Área sob plantio direto 10 anos	25,67 b	16,33 b	17,67 a	20,67 c

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,2604

C.V. (%) = 22,99880

#### 4.2.5 – Magnésio

Os teores de magnésio trocável, apresentados na Tabela 10, evidenciam que a área cultivada, no geral, apresenta um maior teor do elemento. Entre os tratamentos, da área cultivada, ressalta-se que a área sob plantio direto por 10 anos, apresenta na camada de 0,00-0,05m de profundidade, o maior teor de magnésio nas demais profundidades, em alguns tratamentos, houve uma ligeira diminuição dos teores.

**Tabela 10.** Teores de magnésio ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 19988.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	3,50 c	1,17 c	1,33 a	1,50 a
Área sob plantio convencional	6,33 bc	7,00 ab	7,50 a	5,50 ab
Área sob plantio direto 5 anos	9,83 ab	4,17 b	3,50 a	2,17 a
Área sob plantio direto 10 anos	14,83 a	9,67 a	6,33 a	7,83 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,2182

C.V. (%) = 50,00698

Os elevados teores de magnésio observados principalmente na camada superficial da área sob plantio direto por 10 anos, conforme já salientado anteriormente para os elementos: fósforo, potássio e cálcio, deve-se ao maior acúmulo de material orgânico na superfície do solo, cuja mineralização resulta na liberação dos minerais, entre eles, o magnésio. Além disso, deve ser considerado também, as aplicações de corretivos e fertilizantes que são portadores de magnésio.

#### 4.2.6 - Acidez (pH em $\text{CaCl}_2$ )

Os valores de acidez ativa (Tabela 11), mostram que, em todas as profundidades estudadas, apenas a área sob vegetação nativa, diferiu das demais áreas. Os valores de pH na área não cultivada, foi menor que nas demais áreas, o que já era esperado, considerando que essas, receberam calagem e outras práticas que resultam em elevação do pH.

Alguns autores atribuem a ocorrência de acidificação mais acentuada nas camadas superficiais dos solos sob plantio direto, devido o emprego de altas doses de fertilizantes. Entretanto MUZILLI (1983), encontrou, após vários anos de cultivo, que os valores de pH constatados em plantio direto ainda se mostraram iguais ou superiores aos

verificados em plantio convencional, notadamente nos primeiros 5 ou 10 cm da camada arável.

**Tabela 11.** Valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	4,20 b	3,97 a	3,90 b	3,90 a
Área sob plantio convencional	4,77 a	4,75 b	4,82 a	4,50 b
Área sob plantio direto 5 anos	4,75 a	4,40 b	4,50 a	4,50 b
Área sob plantio direto 10 anos	5,12 a	4,73 b	4,82 a	4,97 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,1966

C.V. (%) = 5,720913

#### 4.2.7 – H+Al (Acidez Potencial)

Na Tabela 12 são apresentados os valores de acidez potencial, os quais evidenciam que na camada superficial apenas houve diferenças significativas entre as áreas cultivadas e a área sob vegetação nativa.

Nas áreas cultivadas, os valores de acidez potencial, em todas as profundidades, foram menores do que os da área sob vegetação nativa, o que pode ser justificado pelo fato, dessas terem recebido calagem durante os anos de cultivo.

**Tabela 12.** Valores de H + Al (mmolc/ dm<sup>3</sup>) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob mata nativa	50,83 a	46,67 a	43,67 a	44,50 a
Área sob plantio convencional	33,17 b	33,33 b	34,00 a	37,50 a
Área sob plantio direto 5 anos	36,83 b	43,33 ab	40,83 a	36,83 a
Área sob plantio direto 10 anos	33,33 b	41,33 ab	36,83 a	33,67 a

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,5322

C.V. (%) = 17,93909

#### 4.2.8 – Alumínio

Os teores de alumínio trocável (Tabela 13) mostraram-se diferentes, em todas as camadas estudadas, apenas entre áreas cultivadas e a área sob vegetação nativa. Pela mesma razão salientada para o caso da acidez potencial, as áreas cultivadas receberam calagem, e portanto, parte do alumínio trocável foi neutralizado.

Para BLEVINS et al. (1978) o conteúdo de alumínio trocável aumenta com a profundidade em plantio direto, exceto na camada superficial de 0- 0,05m. De acordo com os autores, o alto teor de matéria orgânica na superfície do solo influencia a relação entre pH e o alumínio trocável.

**Tabela 13.** Teores de alumínio ( $\text{mmol}/\text{dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	7,67 a	12,75 a	13,20 a	13,75 a
Área sob plantio convencional	1,83 b	1,92 c	2,20 b	4,42 b
Área sob plantio direto 5 anos	2,08 b	6,08 b	5,25 b	4,33 b
Área sob plantio direto 10 anos	0,58 b	2,50 bc	1,92 b	0,67 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,1795

C.V. (%) = 46,76790

#### 4.2.9 – Capacidade de Troca Catiônica

Os valores de CTC apresentados na Tabela 14 mostram que as áreas sob plantio direto, principalmente na camada superficial, apresentam valores de CTC superiores aos da área sob plantio convencional e vegetação nativa. Estes resultados são semelhantes ao observado por (MUZILLI, 1983 E CENTURION et al., 1985). Nas demais profundidades os valores de CTC, no geral, foram maiores nas áreas cultivadas. O elevado valor de CTC apresentado na camada de 0,00-0,05 da área sob plantio direto por 10 anos, justifica-se pelo acúmulo de matéria orgânica, que ao sofrer o processo de humificação, apresenta radicais orgânicos que contribuem significativamente com a CTC, principalmente em solos com a constituição mineralógica como o empregado na presente pesquisa. Observação nesse sentido, foram feitas por NASCIMENTO (1981) de que nesses solos a CTC é muito dependente da matéria orgânica.

**Tabela 14.** Valores de capacidade de troca catiônica ( $\text{mmolc/ dm}^3$ ) para os tratamentos e profundidades estudadas em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	69,83 a	52,83 b	47,67 a	48,17 a
Área sob plantio convencional	59,67 b	59,83 ab	59,17 b	57,67 ab
Área sob plantio direto 5 anos	70,00 a	64,17 a	61,33 b	54,67 a b
Área sob plantio direto 10 anos	77,67 a	69,33 a	62,50 b	63,17 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 0,4494

C.V. (%) = 9,710731

#### 4.2.10 – Saturação por Bases

Os valores de saturação por bases (Tabela 15) mostram que as diferenças apresentadas, foram apenas entre a área sob vegetação nativa e as áreas cultivadas.

Nas áreas cultivadas, nas quais foram aplicadas calcário e fertilizantes portadores de bases trocável, é razoável admitir que essas adições contribuem de forma significativa com o aumento dos teores no solo. Além disso, a deposição e incorporação de restos vegetais mineralizados justificam o incremento verificado nas áreas cultivadas em relação a área não cultivada.

**Tabela 15.** Valores de saturação por bases (V%) para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20
Área sob vegetação nativa	28.83 a	11.67 b	8.17 a	7.67 a
Área sob plantio convencional	44.67 b	44.17 a	42.33 b	35.00 b
Área sob plantio direto 5 anos	46.83 b	32.50 a	34.00 b	33.17 b
Área sob plantio direto 10 anos	56.83 b	41.00 a	41.17 b	46.83 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

D.M.S. (5%) = 6,3832

C.V. (%) = 24,30211

### 4.3 – Macroorganismos

Os valores médios de macroorganismos são apresentados nas Tabelas 16 e 17. Pela observação dos dados, verifica-se que o sistema de plantio direto é altamente significativo para o desenvolvimento de algumas espécies de macroorganismos como anelídeos. O maior número de anelídeos (minhoca), encontrado na área sob plantio direto por 10 anos, sugere um maior acúmulo de material orgânico na área capaz de atrair tais espécies.

De uma forma geral, a camada superficial, é a que proporciona o desenvolvimento da maioria das espécies, com exceção de cupins que foram encontrados, em todas as profundidades e tratamentos, em números considerados.

As minhocas, os cupins e alguns coleópteros cavam galerias que podem auxiliar a infiltração de água de chuva e a troca de gases entre o solo e a atmosfera, e as minhocas podem também exercer considerável influência na estrutura do solo, pela escavação com movimentação de grande quantidade de terra. Nesta atividade, esses animais ingerem resíduos e solo que são parcialmente digeridos e eliminados vira dejetos em forma de partículas menores bem agregadas.

Segundo SILVA (1994) os sistemas plantio direto beneficia a vida dos organismos do solo, os quais regulam os processos de decomposição e ciclo de nutrientes.

Tabela 16. Valores médios de macroorganismos de um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998, para os tratamentos e profundidades estudadas.

Macroorganismos	Tratamentos							
	Area sob vegetação nativa		Area sob plantio convencional		Área sob plantio direto 5 anos		Area sob plantio direto 10 anos	
	Profundidade (m)							
	0-0,05	0,05-0,10	0-0,05	0,05-0,10	0-0,05	0,05-0,10	0-0,05	0,05-0,10
Minhocas (Anelídeos)	08	0	0	0	80	16	86	53
Larva de Coleóptero	50	28	17	12	10	07	08	11
Coleóptero adulto	13	02	04	01	04	02	04	02
Coró	0	0	03	03	01	0	04	0
Cupins (Isoptera)	45	80	10	06	13	35	10	14
Piolho de Cobra (Diplopoda)	2	0	03	0	01	01	05	01
Larva de Centopéia (Chilopoda)	22	02	03	02	09	02	06	02
Percevejo Castanho (Hemiptera)	0	0	0	0	06	20	07	02

**Tabela 17.** Valores médios de macroorganismos de um Latossolo Vermelho-Escuro, para os tratamentos e profundidades estudadas, em um Latossolo Vermelho de Selvíria-MS – 1998.

Tratamentos	Espécies encontradas							
	Coro	Percevejo	Cupim	Piolho de Cobra	Larva de Centopéia	Larva de Coleoptero	Coleoptero Adulto	Minhoca
Área sob vegetação nativa	0.0 b	0.0 b	4.76 a	0.10 a	1.30 a	5.72 a	0.92 a	0.38 bc
Área sob p. convencional	0.38 a	0.0 b	0.35 c	0.16 a	0.26 a	1.64 b	0.33 a	0.0 c
Área sob P.D. 5 anos	0.06 ab	1.68 a	1.96 b	0.12 a	0.59 a	1.08 b	0.35 a	4.24 ab
Área sob P. D. 10 anos	0.23 ab	0.36 b	1.97 b	0.35 a	0.53 a	1.09 b	0.41 a	7.42 a

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem significativamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



## 5- CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido pode-se concluir que:

- 1- O cultivo do solo, independente do sistema de preparo, proporciona um aumento na densidade, na retenção de umidade e diminuição da porosidade total.
- 2- O plantio direto, comparado com o plantio convencional, proporciona aumento no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo.
- 3- O plantio direto por 10 anos proporciona aumentos nos teores de: fósforo, potássio, cálcio e magnésio, principalmente na camada superficial do solo.
- 4- O plantio direto quando comparado com área sob vegetação nativa, mesmo não proporcionando grandes aumentos no teor de carbono, mostra-se vantajoso quanto ao aumento no teor de nutrientes oriundos da mineralização da matéria orgânica.
- 5- O plantio direto por 10 anos proporciona aumento significativo no número de anelídeos no solo.



## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ABRÃO, P.U.R., et al. Efeito de sistema de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.3, p.169-72, 1979.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.115-9, 1995.
- ALMEIDA, F.S., RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas**: recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. 482p.
- ALVARENGA, R.C., et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo de palha de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p.273-7, 1986.
- ALVARENGA, R.C., CRUZ, J.C., PACHECO, E.B. Preparo do Solo. **Informe Agropecuário**, n. 147. p.40-5, 1987.
- ALVES, M. C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo**: efeito nas propriedades físicas e químicas. Piracicaba, 1992. 173p. Tese (Doutorado em Nutrição de plantas).—Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- BAEUMER, K., BAKERMANS, W.A.P. Zero-tillage. **Advance in Agronomy**. v.25, p.77-125. 1973.



- BALOTA, E.L. Atividade microbiana em solo sob plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Pato Branco. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p. 35 - 50.
- BALOTA, E.L. Alterações microbiológicas em solo cultivado sob plantio direto. In: O CAMINHO para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR/UERG, 1997. p.90 - 1.
- BANZATTO, D.A., KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 1989. 247p.
- BAYER, C., BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistema de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3,p.687-94, 1999.
- BENATTI JR.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, v.1, p.121-3, 1977.
- BENNETI, H. H. **Soil conservation**. New York. Macgraw Hill, 1939. 993p.
- BERTONI, J., et al. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1972. 56p. (IAC. Circular, 20).
- BLAKE, G. R. Bulk density. In: BLACK, C. A. et al. (Eds.) **Methods of soil analysis**. **Madison**: American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p. 374-90.



BLEVINS, R.L., MURDOCK, L.W., THOMAS, G.W. effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal*, v.10,p.322-6, 1978.

BONFANTE, D.A. **Efeito de sistemas de manejo do solo sobre algumas propriedades físicas de um latossolo vermelho-escuro.** Santa Maria, 1983. 80 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.

BOLLER, W. **Avaliação de diferentes sistemas de manejo do solo visando à implantação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*).** Botucatu, 1996. 272 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual de São Paulo.

BUCKMAN, H. O., BRADY, N. C. Algumas propriedades físicas importantes dos solos minerais. In: \_\_\_\_\_. **Natureza e propriedades do solo.** Rio de Janeiro: F. Bastos, 1976. cap. 3, p.58-90.

CAMARGO, J.A., BENNEMA, J. Delineamento esquemático dos solos do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, p 47-54, 1966.

CASTRO, O.M., VIEIRA, S.R., MARIA, I.C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: VIEGAS, G.P. **SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA**, 1987, Campinas. **Homenagem dos cem anos do Instituto Agrônômico CPA/SAA/SP.** Campinas: IA, 1987. p. 27-51.

CATELLAN, A J., VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v.14, n.2, p.125-32. 1990.



- CATELLAN, A J., VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo em função de variações ambientais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.2, p.133-42. 1990.
- CENTURION, J.F. Efeitos de diferentes sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob vegetação de cerrado e na cultura do milho. **Científica**, n. 15, p. 1-8. 1987.
- CENTURION, J.F., DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v. 9, n.3. p.263-6. 1985.
- 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**, Campinas, v.9, n.2, p. 267-70,1985.
- CENTURION, J.F. **Efeitos de sistemas de preparo do solo na cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) em solos de cerrado**. Piracicaba, 1984. 124p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CINTRA, L.F.D. **Caracterização do impedimento mecânico em Latossolos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, , 1980. 89p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.289-98. 1999.
- COSTA, L. M. Aspectos de manejo do solo. In: ENCONTRO DO USO DA TERRA NA REGIÃO DO VALE DO PARANAPANEMA, 1, 1985, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap. 3, p. 73-84.



- DALLA ROSA, A. **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo – solo Santo Angelo (Latosolo Roxo distrófico)**. Porto Alegre, 1981. 136p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Agronomia/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DERPSCH, R., SIDIRAS, N., HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes no inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n.7, p.761-73, 1985.
- DERPSCH, R., SIDIRAS, N., ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 8, p. 253-63. 1986.
- DERPSCH, R., Adubação verde e rotação de culturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3, 1985, Ponta Grossa. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1985, p. 85-104.
- DEMATTE, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ, 1980. 131p. (Mimeogr.).
- DIAS JÚNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 175-82. 1996.
- ELTZ, F. L. F., PEIXOTO, R. T. J., JASTER, F. Efeito de sistema de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p. 259-67. 1989.
- FARIAS, G. S., CASSOL, E. A., MIELNICZUK, J. Efeito de sistemas de cultivos sobre a porosidade e retenção de água em um solo Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico (Paleudult). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20 n. 12, p. 1389-93. 1985.
- FERNANDES, B. et al. 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**, Campinas, v. 7, p. 329-33. 1983.

FLOCKER, W.J., TIMM, H., VOMOCIL, J.A. Effect of soil compaction on tomato and potato yield. **Agronomy Journal**, v.52, p.345-8, 1960.

GALETI, P. A. **Práticas de controle à erosão**. Campinas: ICEA, 1985. 278p.

GOEDERT, W.J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. 422p.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York. Macgraw Hill, 1941. 281p.

HAYNES, R. J. Influence of soil management practice on the orchard agroecosystem. **Agronomy Ecosystem**, v.6, p.3-32, 1980.

HARRIS, R.F., CHESTERS, G., ALLEN, O.N. Dynamic of soil aggregation. **Advances in Agronomy**, v. 18, p. 107-69, 1966.

HUE, N. V., CRADDOCK, G. R., ADAMS, F. Effects of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of Journal**, v.50, p.28-34, 1986.

IKE, L.F. Soil and crop responses to different tillage practices in a ferruginous soil in the Nigerian savanna. **Soil & Tillage Research**, v. 6, p. 261-72. 1986.

KIEHL, E.J. **Matéria orgânica**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. cap. 15, p. 230 -45.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronomica Ceres, 1979. 262p.



KOCHHANN, R.A. Alterações das características físicas, químicas e biológicas do solo sob sistema de plantio direto. CONFERENCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 1, 1996, Passo fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte. p.17 - 25.

KOHNKE, H. **Soil physics**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1968. 224p.

LAL, R.A. Soil suitability guide for different tillage systems in the tropics. **Soil & Tillage Research**. v. 5, p. 179-96. 1985.

LANDERS, J.N. O plantio direto na agricultura: o caso do cerrado. In: LOPES, I.V. et al. **Gestão ambiental no Brasil**. Uberlândia: Zardo, 1995. cap. 9, p. 185 - 96.

LARSON, W.E. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. **Soil Sci. Society of American Proc.** v.28, n.1, p.118-22. 1964.

LAWS, W.D., EVANS, D.D. The effects of long-time cultivation on some physical and chemical properties of two Rendzina soils. *Proc. Soil. Science Soc. Amer.* v. 14, p.15-9. 1949.

LEANER, R. W., SHAW, B. A. A simple apparatus for measuring moncapillary porosity on extensive scale. **Journal American Society of Agronomy.**, v.33, p.1003-8, 1941.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. Piracicaba: Potafos, 1995. 497 p.

LUCHIARI JR. A., et al. Manejo de aproveitamento de água. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégia de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p.285-320.



MACHADO, J.A. **Efeitos dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo.** Santa Maria, 1976. 129p. (Livre Docência) Universidade Federal do Mato Grosso do sul.

MACHADO, J.A., BRUM, A.C.R. Efeito do sistema de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, p.81-4, 1978.

MACHADO, J. A., PAULA SOUZA, D.M., BRUM, A.C.R. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, p.187-9, 1981.

MAGALHÃSE, P.S.G. Manejo de Solo e seus efeitos sobre a compactação. *Lavoura Arrozocira*, Porto Alegre, v. 43, n. 392, 1990.

MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.471-7, 1993.

MAZUCHOWSKI, J.A., DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas.** Curitiba: ACARPA, 1984. 68p.

MEDINA, B.F., LEITE, J.A. Influência de Três sistemas de manejo e duas coberturas vegetais na infiltração de água em um latossolo amarelo em Manaus/AM. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 11, p.1323-31. 1985.

MELLO, F.A.F. et. al. Matéria orgânica do solo. In: \_\_\_\_\_. **Fertilidade do solo.** 3. ed. Piracicaba: Nobel, 1985. cap.7, p.105-37.



MELLO 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**, v.17, n.2, p.291-7, 1993.

MELO, L.M.M. **Efeito de tipos de preparo sobre características do solo e da cultura da soja (Glycine max (L) Merrill)**. Botucatu, 1987. 81p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

MENDES, E.V. **Métodos de preparo do solo: influência sobre algumas propriedades físicas e químicas**. Santa Maria, 1982. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.

MIRANDA, J. **Caracterização da solução do solo e das propriedades físicas e químicas de uma Latossolo Vermelho-amarelo sob diferentes coberturas vegetais**. Viçosa, 1993. 65p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

MONDARDO, A. Manejo e conservação do solo. In: **PLANTIO direto no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1984. cap.4, p.53-78.

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**, Campinas, v. 7, p. 97-102, 1983.

MUZILLI, O. Aspectos de manejo do solo. In: **ENCONTRO DO USO DA TERRA NA REGIÃO DO VALE DO PARANAPANEMA**, 1, 1985, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap. 4, p. 87-97.



MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: Atualização em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill, p.3-16, 1985,

NAKAO, O., SILVEIRA NETO, S., ZUCCHI, R.A. **Entomologia Econômica**. São Paulo, 1981. São Paulo: ESALQ-USP, Piracicaba, 314p. 1981.

NASCIMENTO, V. .M. **Efeitos da calagem e da incorporação de restos de cultura de soja sobre frações da matéria orgânica e algumas características de fertilidade de um latossolo sob vegetação de cerrado**. Piracicaba, 1981. 50 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, V. M., ALMENDROS, G., FERNANDES, F. M. Soil humus characteristics in virgin and cleared areas of the Paraná river basin in Brazil. **Geoderma**, v. 54, p. 137 – 50, 1992.

NASCIMENTO, V. M., ALMENDROS, G., FERNANDES, F. M. Evolution patterns of the soil organic matter in some agricultural systems in the Brazilian "Cerrado" region. **European Journal Soil Biological**, v. 29, n. 3 - 4, p. 177 – 82, 1993.

NOLLA, D. **Efeito de diferentes usos agrícolas do solo em algumas propriedades físicas em latossolo roxo distrófico**. Santa Maria, 1983. 104p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria,

PANDOLFO, C.M. Alternativas de manejo e conservação do solo e da água. In: MANUAL de uso, mnejo e conservação do solo e da água. Florianópolis: EPAGRI. 1994. p.149-62.



PARRA, M.S. **Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes num latossolo roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de cultura.** Viçosa, 94 p. 1986. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

PEIXOTO, R.T.G.; ELTZ, F.L.F. Avaliação da fertilidade do solo em plantio direto na região dos Campos Gerais, Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, 1986, Londrina. **Resumo...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1986. p.56-7.

PHILLIPS, R.T., KIRKHAM, D. Mechanical impedance and corn seedling root growth. **Soil Science Society America Proceedings**, v.26, n.4, p.319-22, 1962.

PRIMAVESI, A. **O Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** 2.ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541p.

RAMOS, M.A. Pesquisa sobre os sistemas de preparo mínimo no Paraná – resultados e primeiras conclusões. In: REUNIÃO SOBRE PESQUISA EM PLANTIO DIRETO, 1977, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA/CNP Soja, 1977. p. 3-17.

RANEY, W.A., EDMINSTER, T.W. Approaches to soil compactation research. **Trans.-ASAE**, v.4, p.246-8, 1961.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo planta-atmosfera.** 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

REICHARDT, K. **A água em sistema agrícolas.** São Paulo: Manole, 1990. 181p.



- RAIJ, B. VAN, QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade.**  
Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (IAC. Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.**  
2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 28p. (Boletim Técnico  
n.100).
- RIBEIRO, S.P. et. al. Densidade e composição da fauna de invertebrados de solo de  
cerrado no Estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil,**  
v.21, n.1, p.203-14, 1992.
- RIGHES, A.A. Manejo de água em sistemas agrícolas e influência na qualidade ambiental.  
I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995,  
Passo Fundo, RS. **RESUMOS...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. 182 p.
- ROSENBERG, N.J. Response of plants to the physical effects of soil compaction.  
**Advance in Agronomy,** n.16, p. 181-96, 1964.
- SALTON, J. C., MIELNIEZUK, J. Relação entre sistemas de preparo, temperatura e  
umidade de um Podzólico Vermelho-escuro de Eldorado do Sul-RS. **Revista  
Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.19, p.313-9,1995.
- SEGUY, L., et al. **Técnicas de preparo do solo:** efeitos na fertilidade e na conservação do  
solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. EMBRAPA/CNPAP, 1984. p. 1-  
26. (Circular Técnica 17).



SHARMA, M.L., UEHARA, G. Influence of soil structure on water relations in low humic latosols. I water retention. **Soil Science Society American Proceedings**. v. 32, p. 765-70. 1968.

SIDIRAS, N., HENKLAIN, J.C., DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on na oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9, 1982, Osijek. **Conference...** Osijek: s.n., 1982. p. 537-44.

SIDIRAS, N., HENKLAIN, J.C., DERPSCH, R. Vergleich Von drei Bodenbearbeitungsverfahren in bezug auf einige physikalische Eigenschaften, Bodenend Wasserkonservierung und Ertraege Von boja und Weize auf einem Oxisol. **Z. Acker** – v.151, p.137-48. 1982

SILVA, I.F. **Efeito de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre as propriedades físicas de um Latossolo**. Porto Alegre, 1980. 70p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SILVA, M.T.B. Importância da fauna do solo associada ao plantio direto. IV ENCONTRO NACIONAL DO PLANTIO DIRETO NA PALHA, 1994, Cruz Alta-RS. **Anais....** Cruz Alta-RS, 1994. p. 230-9.

SILVA, I. F., MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 311-7. 1998.



- TAVARES FILHO, J. **Organisation et comportement de latossols du Paraná (Brésil). Influence de leur mise en culture**, 1995. 229p. These (Doctorat) Université de Nancy I.
- 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, n.2, p. 333-339. 1996.
- VEEN, B.W. The influence of mechanical impedance on the growth of maize roots. **Plant and Soil**, v.66, p.101-9, 1982.
- VEIGA, M., BASSIL, L., ROSSO, A. **Degradação do solo e da água: manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**. 2.ed. Santa Catarina: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1994. 384p.
- VEIGA, M., AMADO, T. J. Preparo do solo. In: MANUAL de uso, manejo e conservação do solo e da água. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p.165-186.
- VEIHMEYER, F.J., HENDRICKSON, A.H. Soil density and root penetration. **Soil Science**, v.65, n.6, p.487-93. 1948.
- 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, v.2. p.209-14. 1978.
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. cap.2, 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**, v.19 n.7, p. 873-82. 1984.

VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L., TORRADO, P.V., MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap. 8, p. 163-79.

VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. cap. 21, p. 299-314.



**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO**  
**AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31**  
**15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP**

